

Sistemas productivos porcinos y su impacto en indicadores comportamentales y  
fisiológicos de estrés

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Producción Animal*

**Diego Nicolás Bottegal**

Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional de Córdoba - 2012

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Instituto de Investigación Animal del  
Chaco Semiárido



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad de Buenos Aires

**© Derechos de autor**  
**Diego Nicolás Bottegal**  
**2018**

## COMITÉ CONSEJERO

Director de tesis

**Darío Gabriel Pighín**

Bioquímico (Universidad Nacional del Litoral)  
Doctor en Ciencias Biológicas (Universidad Nacional del Litoral)

Co-director de tesis

**Héctor Ricardo Ferrari**

Licenciado en Biología (Universidad Nacional de La Plata)  
Doctor en Ciencias Naturales (Universidad Nacional de La Plata)

Consejero de Estudios

**María Zimmerman**

Ingeniera Zootecnista (Universidad Nacional de Tucumán)  
Doctora en Ciencias Naturales (Universidad Nacional del Comahue)

## JURADO DE TESIS

JURADO

**Raúl Enrique Franco**

Médico Veterinario (Universidad Nacional de Río Cuarto)  
Magister en Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Córdoba)

JURADO

**Gisela Ariana Marcoppido**

Médico Veterinario (Universidad de Buenos Aires)  
Doctora en Ciencias Veterinarias (Universidad de Buenos Aires)

JURADO

**Sonia Alejandra Romera**

Licenciada en Ciencias Biológicas (Universidad Nacional del Sur)  
Doctora en Ciencias Naturales (Universidad de Buenos Aires)

Fecha de defensa de la tesis: 27/11/2018



## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por capacitarme, como así también por brindarme las herramientas y el apoyo económico para llevar adelante este trabajo.

Al Ing. Pedro Lord y a la Asociación Cooperadora del INTA Leales que pusieron a mi disposición los sistemas productivos y los animales sobre los cuales se realizó esta experiencia.

A Mechi Cruz que me apoyó y acompañó en todos los desafíos que implicó este proceso.

A mi familia y a mi amigo Sergio Garcia, ya que gracias a su confianza y consejos he llegado hasta aquí.

A María Zimmerman, por su ayuda, consejos, gestión institucional -como directora de Beca INTA- y apoyo día a día.

A Guillo Brito y Dani Núñez por su ayuda incondicional en el campo.

A mis compañeros y amigos Gabriela Garrappa, Javier Lara, Augusto Viana y Alejandro Suarez que con voluntad colaboraron en la toma de datos de este trabajo.

A mi codirector Ricardo Ferrari por los conocimientos compartidos sobre comportamiento animal.

A Darío Pighín, quien además de asesorarme en la escritura del trabajo y brindar sus conocimientos en fisiología, me abrió las puertas para trabajar en los laboratorios del ITA-INTA.

Al Ing. Agr. Osvaldo Arce por su asesoría desinteresada en análisis estadístico.

A Patricia Luna y Analía Miguez (UBA) que me asesoraron y facilitaron muchos procesos administrativos.



## **DECLARACIÓN**

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

*Diego Nicolás Bottegal*



## ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
GLOSARIO .....	xv
ABREVIATURAS Y SIGLAS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
<b>CAPÍTULO 1. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>21</b>
1.1. Presentación del problema en estudio .....	21
1.2. Hipótesis de trabajo: .....	22
1.3. Objetivos .....	22
1.3.1. Objetivo general .....	22
1.3.2. Objetivos específicos .....	22
<b>CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>23</b>
2.1. Comercio y Producción Porcina Mundial .....	23
2.2. Producción Porcina en Argentina.....	24
2.2.1. Producción y consumo de carne porcina.....	24
2.2.2. Cadena porcina Argentina.....	27
2.3. Características de los Sistemas Porcinos.....	28
2.3.1. Sistemas al aire libre .....	29
2.3.2. Sistemas porcinos confinados .....	30
2.4. Bienestar Animal.....	31
2.4.1. Bienestar animal y preocupación social.....	32
2.5. Bienestar Animal y Estrés .....	33
2.5.1. Fisiología del estrés.....	34
2.6. Bienestar y Comportamiento Animal.....	35

2.7. Indicadores de Bienestar Animal .....	36
2.7.1. Indicadores productivos .....	37
2.7.2. Indicadores fisiológicos .....	37
2.7.3. Indicadores comportamentales.....	39
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. Ensayo a Campo.....	42
3.2. Registro de Condiciones Ambientales .....	45
3.3. Indicadores Productivos .....	46
3.4. Indicadores Fisiológicos.....	46
3.5. Indicadores Comportamentales .....	48
3.6. Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	51
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	53
4.1. Condiciones Climáticas.....	53
4.2. Resultados Productivos .....	55
4.3. Resultados Fisiológicos.....	56
4.4. Resultados Comportamentales .....	62
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	68
5.1. Evaluación Productiva de los Sistemas .....	68
5.1.1. Efecto de las condiciones ambientales.....	68
5.1.2. Desempeño productivo durante la etapa de Crecimiento.....	69
5.1.3. Desempeño productivo durante la etapa de Terminación.....	71
5.2. Evolución de los Parámetros Fisiológicos de Estrés .....	73
5.2.1. Glucosa.....	73
5.2.2. Urea.....	74
5.2.3. Hematocrito y proteínas totales.....	75
5.2.4. Actividad de enzima creatinquinasa .....	77
5.2.5. Concentración de cortisol.....	77

5.2.6. Concentración de proteína C-reactiva.....	80
5.3. Patrón de Comportamiento.....	82
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES.....	90
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS.....	93
APÉNDICE 2.....	108
APÉNDICE 3.....	109

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Producción mundial de carne y proyección para 2025 .....	<b>23</b>
<b>Gráfico 2:</b> Evolución de la producción de carne porcina en Argentina .....	<b>25</b>
<b>Gráfico 3:</b> Evolución del ITH durante los primeros 5 días del ensayo en ambos sistemas de producción .....	<b>53</b>
<b>Gráfico 4:</b> ITH medio y D.E. en ambos sistemas los días 15, 16, 36, 37, 72 y 73 del ensayo.....	<b>54</b>
<b>Gráfico 5:</b> Porcentaje de tiempo que representó cada rango de ITH (normal <74, alerta 74-78, peligro 78-84 y emergencia >84) durante los días de muestreo en ambos sistemas productivos.....	<b>54</b>
<b>Gráfico 6:</b> Evolución de la concentración de proteínas totales (A), hematocrito (B), concentración de urea (C) por tratamiento a lo largo de los días.....	<b>58</b>
<b>Gráfico 7:</b> Evolución de la concentración de glucosa (A), actividad enzima creatinquinasa (B), concentración de cortisol (C) y concentración de proteína C-reactiva (D) por tratamiento a lo largo de los días.....	<b>59</b>
<b>Gráfico 8:</b> Análisis de Componentes Principales para los días 1, 5, 37 y 73 del ensayo. ....	<b>61</b>
<b>Gráfico 9:</b> Análisis de correspondencias múltiples para frecuencia de estados comportamentales y eventos: pelear en comedero, bebedero u otro lugar, defecar u orinar, en el primer día del ensayo, para ambos sistemas y dos momentos del día (Mediodía y Tarde). ....	<b>63</b>
<b>Gráfico 10:</b> Análisis de correspondencias múltiples para frecuencia de estados comportamentales y eventos: pelear en comedero, bebedero u otro lugar, defecar u orinar (desde el día 2 al 72 del ensayo), para ambos sistemas y tres momentos del día. ....	<b>63</b>

**Gráfico 11:** Medias (ajustadas) de aparición de peleas y Error Estándar por día y por sistema de alojamiento. ....67

### INDICE DE ILUSTRACIONES

**Ilustración 1:** Tratamiento Intensivo a Campo (IAC). Piquetes separados por cerco eléctrico y cerdos sobre la pastura (Izquierda), comederos con sombra (Derecha).....43

**Ilustración 2:** Tratamiento Confinado (CONF). Galpón de Crecimiento-Terminación con corrales de piso enrejillado o *slat* de cemento.....44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Porcentaje de ingredientes en las dietas de las distintas etapas de alimentación y su composición nutricional .....	<b>44</b>
<b>Tabla 2:</b> Lista de comportamientos evaluados y su descripción.....	<b>50</b>
<b>Tabla 3:</b> Valores medios, error estándar (E.E) y p-valor del modelo para peso vivo promedio (kg) en los diferentes días del ensayo (1, 37 y 73 d), ganancia media diaria de peso (kg/d) de los machos individualizados por tratamiento, consumo de alimento individual total (CA, kg) y eficiencia de conversión alimenticia media (EC, kg de alimento/kg de ganancia de peso) por tratamiento en las etapas de Crecimiento y Terminación .....	<b>56</b>
<b>Tabla 4:</b> Autovectores por variable y por día de muestreo, correspondientes al ACP ..	<b>60</b>
<b>Tabla 5:</b> Porcentaje del tiempo destinado al comportamiento Sentado por día y sistema .....	<b>66</b>
<b>Tabla 6:</b> Porcentaje del tiempo destinado al comportamiento Jugar por día y sistema .	<b>66</b>
<b>Tabla 7:</b> Porcentaje del tiempo destinado a los comportamientos evaluados en los animales focales en ambos sistemas durante los 6 días de muestreo.....	<b>66</b>
<b>Tabla 8:</b> Número de aparición media de comportamiento Orinar/Defecar, por animal, tratamiento y por día. ....	<b>67</b>

## GLOSARIO

### C

#### Caudofagia

Acción que realiza el cerdo al masticar o morder la cola de un compañero del grupo hasta el punto de producir una herida (Fraser *et al.*, 2013). Se identifica como una alteración de comportamiento, que genera importantes implicancias en el bienestar de la víctima y del cerdos que efectúa la acción, además de importante pérdidas económicas (Edwards, 2006). .....40

#### Comportamientos naturales

Se define a aquel comportamiento que el animal tiende a efectuar bajo condiciones naturales, ya que estos son placenteros o promueven alguna función biológica (Bracke and Hopster, 2006). Se entiende por condiciones naturales a la posibilidad de estar en libertad en una gran superficie. ....36

**ABREVIATURAS Y SIGLAS**

- ACP:** análisis de componentes principales
- ACTH:** hormona adrenocorticotrópica
- AVP:** arginina vasopresina
- CA:** consumo de alimento
- CP:** componente principal
- CRH:** hormona liberadora de corticotropina
- CK:** enzima creatinquinasa
- CONF:** confinado sin ambiente controlado
- d:** días
- EC:** eficiencia de conversión alimenticia
- GMD:** ganancia media diaria
- H:** hematocrito
- h:** horas
- hab.:** habitantes
- HHa:** eje Hipotálamo-Hipófisis-Corteza Adrenal
- Hp:** Haptoglobina
- HR:** humedad relativa
- IAC:** intensivo a campo
- IIACS:** Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido
- ITH:** índice de temperatura y humedad
- kg:** kilogramo
- MS:** materia seca
- NOA:** región del Noroeste argentino
- PCR:** proteína C-reactiva
- PFA:** proteína de fase aguda
- PT:** proteínas totales
- PV:** peso vivo
- PV prom:** peso vivo promedio
- Ta:** temperatura ambiente
- t:** toneladas
- SNC:** sistema nervioso central

## RESUMEN

La producción porcina, a nivel nacional, ha sufrido un incremento sostenido en los últimos años, debido, en gran parte, a una proliferación de los sistemas confinados intensivos. Conjuntamente, en la sociedad creció la preocupación por la aplicación de buenas prácticas pecuarias y por las condiciones de bienestar animal que los sistemas productivos propician a los cerdos, aspecto sobre el cual aún existe escasa información. Se realizó una investigación a fin de conocer el efecto del sistema de producción sobre indicadores comportamentales, fisiológicos de estrés y productivos de cerdos en las etapas de crecimiento y terminación. Se trabajó en dos sistemas de alojamiento: confinado sin ambiente controlado (CONF) e intensivo a campo (IAC), ambos localizados en la provincia de Tucumán, Argentina. Se asignaron 54 cerdos híbridos de ambos sexos por sistema de 32 kg de PV inicial, divididos en 2 grupos/sistema de 27 animales. Se registró el PV individual –los días 1, 37 y 73-, cantidad de alimento suministrada y se estimó la ganancia media diaria (GMD), consumo de alimento (CA) y eficiencia de conversión alimenticia grupal (EC). Se tomaron muestras de sangre de 20 machos castrados/sistema, durante los días 1, 3, 5, 16, 37 y 73 del ensayo, con el fin de analizar el impacto del sistema sobre la fisiología animal y la evolución de la concentración sanguínea de glucosa, cortisol, urea, hematocrito (H), proteína C-reactiva (PCR), proteínas totales (PT) y actividad de enzima creatinquinasa (CK). Además, se realizaron observaciones de comportamiento –se registraron 14 comportamientos- por medio de la metodología de muestreo focal y de barrido a fin de poder determinar patrones comportamentales en ambos sistemas durante los días 1, 2, 4, 15, 36 y 72 del ensayo. La GMD fue mayor ( $p$ -valor $<0,01$ ) en el sistema IAC que en CONF, durante las dos etapas de alimentación. El CA durante la etapa de crecimiento fue semejante en ambos sistemas, aunque durante la terminación fue mayor ( $p$ -valor $=0,019$ ) en IAC. El IAC mostró una tendencia ( $p$ -valor $=0,10$ ) a ser más eficiente en EC durante crecimiento, aunque durante la terminación EC no mostró diferencias ( $p$ -valor $=0,18$ ). El día 1 del ensayo los cerdos del CONF presentaron valores séricos superiores de PT, urea y glucosa que aquellos del IAC. Las concentraciones de PT, glucosa, urea, cortisol y PCR mostraron efecto de la interacción Sistema\*Día ( $p$ -valor $<0,001$ ). PT siempre fue mayor en CONF. Por su parte, H cambió en función del Día ( $p$ -valor $<0,0001$ ) y presentó una tendencia ( $p$ -valor $=0,0591$ ) a ser menor en CONF. CK solo mostró efecto del Día ( $p$ -valor $=0,0114$ ). La concentración de glucosa fue mayor en CONF, excepto el día 5, donde IAC presentó su máximo valor (104,71 mg/dl). PCR mostró inicialmente

valores superiores en IAC, para luego igualarse en ambos sistemas y finalmente presentar mayores valores en CONF. En relación al comportamiento, el día 1 la mayor actividad de los animales se registró en los horarios de la tarde. El día del reagrupamiento se evidenció una mayor cantidad de comportamientos agresivos y sociales dentro del sistema CONF, mientras que los cerdos de IAC mostraron mayor cantidad de comportamientos de Exploración y Pastoreo. Se encontró efecto de la interacción Sistema\*Día sobre la cantidad de comportamientos agresivos (p-valor=0,0012) siendo mayor en CONF durante los días 1, 2 y 15, los mismos se localizaron principalmente en el comedero. Las Estereotipias se presentaron sólo en CONF, donde además el comportamiento Sentado presentó una tendencia (p-valor=0,07) de mayor aparición los días 1, 2 y 72. Los animales del IAC mostraron una asociación con el comportamiento Acostado durante la mañana y el mediodía, mientras que por la tarde presentaron mayor Locomoción, comportamiento de Beber y Pastoreo. Los comportamientos de Jugar, Parado y Sentado se debieron analizar de manera parcial dado su baja o nula presencia algunos días del ensayo. Los comportamientos Exploración, Acostado y Beber presentaron efecto de la interacción Sistema\*Día (p-valor<0,001). Locomoción y Comer sólo mostraron efecto del día (p-valor<0,0001). Locomoción presentó mayor frecuencia de ocurrencia el día 1. Comer mostró su menor frecuencia el día 72, especialmente en IAC donde los animales incrementaron el tiempo que permanecieron Acostados, producto de las condiciones térmicas adversas. Resulta complejo identificar un factor particular de estrés, aunque es posible enumerar una serie de aspectos que tuvieron una implicancia sobre las variables estudiadas: contaminación ambiental, reagrupamiento, cambio de sitio, condiciones climáticas y hacinamiento. Estos factores actuaron de manera combinada sin evidenciar situaciones de estrés agudo, pero sí síntomas de estrés crónico, especialmente en el sistema confinado.

**Palabras clave:** bienestar animal, cerdos, comportamiento, cortisol, confinamiento, proteínas de fase aguda.

## ABSTRACT

Argentine pork production has shown a sustained increase in recent years, largely due to the proliferation of intensive confined systems. Moreover, there is a raising concern in society over the application of good livestock practices and animal welfare in productive swine systems. Nevertheless, there is some lack of information available about these topics. This research was carried out to know the effect of the housing system on behavioral, physiological and pig performance indicators at two stages: growing and finishing. Two housing systems were evaluated: full-slat system without a controlled environment (CONF) and intensive outdoor (IAC), both located in Tucumán province, Argentina. 54 hybrid pigs of both sexes with an initial body weight (PV) of 32 kg by system were divided into 2 groups/system of 27 pigs each. The amount of food supplied and individual PV were recorded on days 1, 37 and 73, and the average daily gain (GMD), food consumption (CA) and group feed conversion efficiency (EC) were calculated. In order to analyze the system impact on animal physiology and the evolution of blood glucose levels, cortisol, urea, hematocrit (H), C-reactive protein (PCR), total protein (PT) and creatine kinase (CK) activity, blood samples were taken from 20 castrated males pigs/system on days 1, 3, 5, 16, 37 and 73 of the research. In addition, behavioral observations were performed -14 behaviors were recorded- by focal and scan sampling methodology to determine behavioral patterns in both systems during day 1, 2, 4, 15, 36 and 72 of the experiment. GMD was greater ( $p$ -value $<0.01$ ) in animals from the IAC system during the two feeding stages: growing and finishing. During the growing stage, CA was similar in both systems, although during the finishing stage, CA was greater ( $p$ -value=0.019) in IAC. The IAC system showed a tendency ( $p$ -value=0.10) to be more efficient in EC during growing stage, although EC did not show any differences ( $p$ -value=0.18) between systems in the finishing stage. According to the observations, on the first day, CONF pigs had higher PT, urea and glucose serum levels than IAC pigs. PT, glucose, urea, cortisol and PCR levels showed System\*Day interaction effect ( $p$ -value $<0.001$ ). PT was always higher in the CONF system. On the other hand, H changed according to Day ( $p$ -value $<0.0001$ ), although it showed a tendency ( $p$ -value=0.0591) to be lower in CONF. CK only showed Day effect ( $p$ -value=0.0114). The glucose level was higher in the CONF system, but on day 5, the IAC system reached its maximum value (104.71 mg/dl). PCR showed higher values in IAC at the beginning, then those values were similar in both system, and finally, CONF showed higher levels of PCR. In relation to behavior, the first day, the greatest levels of

activity was registered in the afternoon session. In the mixing day, there was a greater number of aggressive and social behaviors within the CONF system, while the IAC pigs had more exploratory and grazing behaviors. Aggressive behaviors showed a System\*Day interaction effect (p-value=0.0012), those behaviors were higher in CONF during days 1, 2 and 15 and mostly seen in the feeder. Stereotypies were seen only in CONF, where pigs also show a tendency (p-value=0.07) towards sitting behavior on days 1, 2 and 72. The IAC system animals had an association with lying during the morning and midday, while they showed a greater levels of locomotion, drinking and grazing behaviors in the afternoon. The playing, standing and sitting behavior have been analyzed in a partial way, because those behaviors were not shown in every observational day. The exploratory, lying and drinking behavior showed a System\*Day interaction effect (p-value<0.001). The locomotion and eating behaviors only displayed a Day effect (p-value<0.0001). The locomotion behavior was more frequent on day 1. Meanwhile, the eating behavior decreased on the last day, especially in the IAC system, especially in the IAC system, when pigs suffered from heat stress and spent more time resting. It would be difficult to identify a particular stress factor, but it is possible to list a series of aspects that had an effect on some assessment variables: environmental pollution, moving and mixing groups, environmental conditions and high stocking density. All those factors operated in a combined way and, in some cases, produced chronic stress, especially in the confined system.

**Key words:** animal welfare, swine, behavior, cortisol, confinement, acute phase protein

## **CAPÍTULO 1. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### 1.1. Presentación del problema en estudio

En los últimos años se han producido grandes cambios en la industria porcina - principalmente con la rápida proliferación de los sistemas confinados intensivos- los cuales no estuvieron acorde a la velocidad evolutiva ni adaptativa de los animales. Por lo tanto, D'Eath and Turner (2009) afirman que existe un desacople entre el ambiente que ofrecen los establecimientos confinados y las necesidades comportamentales de los cerdos.

En Argentina, la producción porcina ha sufrido en los últimos años un fuerte proceso de intensificación, donde sólo el 1 % de los productores son de gran tamaño y alojan el 41 % del stock nacional (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016). Sin embargo, resultan escasos los trabajos que han evaluado cómo los sistemas confinados locales pueden afectar al bienestar de los animales y la productividad, en una sociedad en la cual la preocupación por el buen trato y el confort de los animales incrementa constantemente.

Desde el punto de vista social, los sistemas intensivos son considerados antagónicos al bienestar animal, dado que en algunos casos someten a los animales a limitaciones de espacio, alojamientos empobrecidos en recursos y ambientes contaminados (O'Connor *et al.*, 2010). Como contrapartida los sistemas extensivos o “al aire libre” son vistos como la alternativa que permite que los cerdos se encuentren en adecuadas condiciones de bienestar animal. Sin embargo, los estudios publicados hasta el momento en relación al efecto del sistema de alojamiento sobre los distintos indicadores de bienestar no son completamente concluyentes (Temple *et al.*, 2011; Yonezawa *et al.*, 2012). Desde el punto de vista productivo, Blumetto Velazco *et al.* (2013) no encontraron diferencias en el aumento de peso ni en el consumo de alimento balanceado al comparar un sistema confinado con uno al aire libre. Igualmente, Hötzel *et al.* (2009) y Yonezawa *et al.* (2012) tampoco encontraron diferencias productivas al comparar distintos sistemas.

En el contexto antes presentado, el siguiente estudio busca dar respuesta al interrogante de cómo afecta el tipo de sistema de producción -confinado tradicional o intensivo a campo- a los diversos indicadores -fisiológicos, comportamentales y productivos- de bienestar animal de cerdos (*Sus scrofa*) en las etapas productivas de crecimiento y terminación.

## 1.2. Hipótesis de trabajo:

La intensificación y el confinamiento de los cerdos incrementan algunos de los parámetros productivos en detrimento del grado de bienestar animal de los mismos, evaluado mediante parámetros bioquímicos y de comportamiento.

## 1.3. Objetivos

### *1.3.1. Objetivo general*

Evaluar la condición de bienestar que presentan los cerdos en la etapa de crecimiento y terminación, en dos sistemas de alojamiento típicos de la región del Noroeste de Argentina: confinado tradicional e intensivo a campo.

### *1.3.2. Objetivos específicos*

1. Valorar indicadores productivos de dos sistemas diferentes de producción porcina propios de la región Noroeste de Argentina: confinado tradicional e intensivo a campo.
2. Establecer valores de parámetros fisiológicos que permitan evaluar el bienestar animal de los cerdos en ambos sistemas productivos.
3. Describir patrones de comportamiento que permitan valorar el bienestar animal de los cerdos en ambos sistemas productivos evaluados.

## CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Comercio y Producción Porcina Mundial

La elevada demanda mundial de carne exige contar con animales de producción con alta velocidad de crecimiento y buena eficiencia de conversión alimenticia. Las aves de corral y los cerdos cumplen estos requisitos, por tales motivos son las carnes que lideran los niveles de producción y consumo a nivel mundial (Gráfico 1).

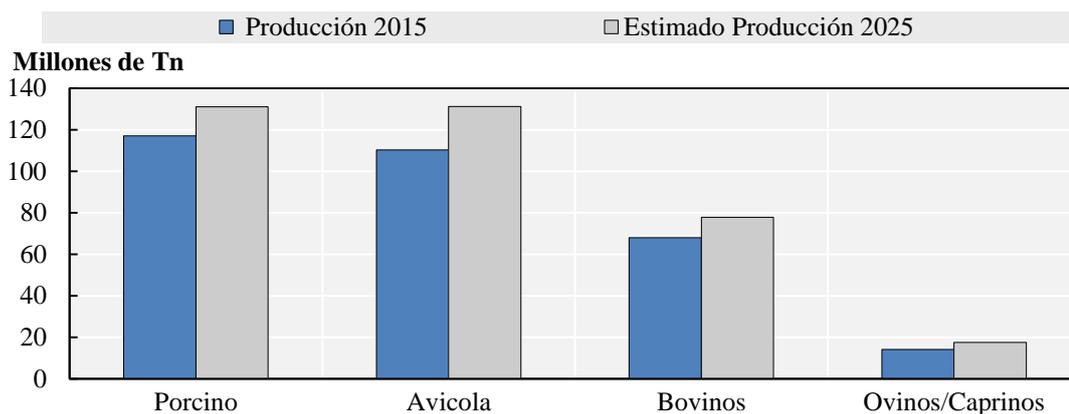


Gráfico 1: Producción mundial de carne y proyección para 2025 (millones de Tn)

Fuente: (OECD/FAO, 2016)

La Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO) proyectó que en el periodo 2016-2025 (OECD/FAO, 2016) la producción cárnica mundial crecerá de manera sostenida. Dicho informe afirma que el sector avícola será quien impulse el crecimiento mundial en la producción cárnica, luego la porcina y por último la de carne bovina y ovina. A nivel mundial el consumo de carne *per cápita* y por año en 2016, sin considerar el de pescado, fue de 34,3 kg. De ese total, 12,40 kg corresponden al consumo de cerdo, 13,70 kg al de pollo, 6,50 kg al de bovinos y 1,7 kg al de ovinos y caprinos (OECD, 2017). La demanda de carne porcina en la última década se incrementó debido, en parte, al aumento del poder adquisitivo en los países desarrollados y en desarrollo.

Según analistas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2018) la producción mundial de carne porcina del año 2017 fue de 111.034.000 t. Se estima que para el año 2018 dicha producción alcance las 113 millones de toneladas. Esta producción se distribuye por todo el mundo, con exclusión de algunas regiones que mantienen ciertas reservas culturales y religiosas en relación con el consumo de carne de cerdo. China es el país que lidera y sostiene el crecimiento porcino, seguido por la Unión Europea y Estados Unidos, donde el número de cerdos crece más lentamente.

Cabe destacar el rol de Brasil y Rusia, que en los últimos años aportaron grandes volúmenes de carne de cerdo al mercado internacional.

Con respecto al comercio internacional, sólo el 7,5 % de la producción mundial de carne porcina fresca es comercializada fuera de los países consumidores. Los tres principales exportadores son: la Unión Europea con 2,80 millones de t. seguido por Estados Unidos y Canadá (USDA, 2018). Brasil y China son los países que más han incrementado sus exportaciones en términos de volumen durante los últimos años, ocupando el cuarto y quinto puesto respectivamente en el ranking de exportadores mundiales (Ministerio de Agroindustria, 2016a). Los volúmenes exportados por Argentina representan apenas el 0,17 % de las exportaciones a nivel mundial. Brasil se distingue entre los líderes por poseer una serie de factores que contribuyen a lograr el menor costo de producción del mercado: mano de obra económica, suficiente producción de granos, disponibilidad de tierras agrícolas, granjas tecnificadas, industria porcina desarrollada y un clima favorable para dicha producción. El crecimiento de la industria exportadora brasilera también se ha basado en la eficiencia lograda por las unidades productivas tecnificadas y de gran tamaño.

El USDA (2018) considera que en el año 2017 los principales importadores (en función de las toneladas importadas) de carne porcina fueron China, que importó 1,65 millones de toneladas (representó cerca del 25 % del total importado por los 10 principales países del mundo), Japón, México y Corea del Sur.

## 2.2. Producción Porcina en Argentina

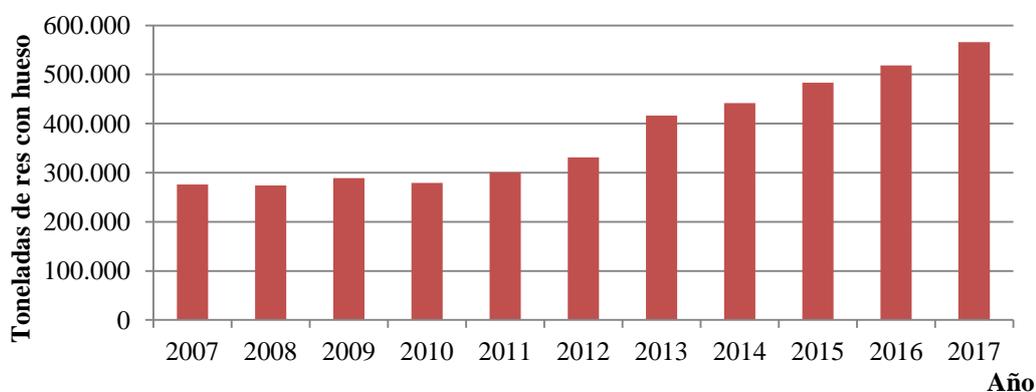
### *2.2.1. Producción y consumo de carne porcina*

Argentina se caracteriza por presentar un elevado consumo de carnes. De acuerdo al último informe del Ministerio de Hacienda y Finanzas de la Nación (2016) en 2015 el consumo total de carnes -vacuna, porcina y aviar- promedió 113,70 kg de carne/hab./año. Del total antes mencionado, la carne bovina resulta ser la de mayor importancia, tanto así que su consumo promedio en los últimos 16 años fue de 62,40 kg/hab./año. Sin embargo, desde el año 2010 se ha manifestado una disminución en dicho consumo, llegando a ubicarse en los 57,20 kg/hab./año en 2017 (IPCVA, 2018). Esta merma ha sido compensada por el incremento en el consumo de otras carnes sustitutas como la carne aviar y/o porcina.

El aumento en el consumo de carne porcina ha sido acompañado de un crecimiento sostenido del sector porcícola, producto de cambios en la economía y en la

implementación de nuevas tecnologías productivas. Los cambios en la economía se produjeron a partir del año 2002, con la finalización del proceso de convertibilidad cambiaria y la devaluación de la moneda nacional, hechos que generaron nuevas perspectivas en las condiciones macroeconómicas del sector (Cáceres, 2005). Dichas condiciones propiciaron la sustitución de productos importados e inversiones, tanto en la instalación como ampliación de criaderos intensivos, incorporación de material genético mejorado y dietas mejor balanceadas. Todo ello permitió obtener mejores índices económicos-productivos y carne de mayor calidad. A modo de ejemplo, el porcentaje promedio de tejido magro en la carne porcina -considerado un atributo de calidad- fue de 55,45 % en 2016 (Ministerio de Agroindustria, 2017), lo cual es un valor elevado para los niveles históricos.

El Plan Estratégico Agroalimentario (PEA) pronosticó que el stock nacional de cerdos llegará a 4,5 millones de cabezas para el año 2020, significando , en este caso, un incremento del 57 % con respecto al año base (2010) (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2010). Este plan también estimó un incremento de la producción de carne porcina de 193 % para igual periodo, pasando de las 281.000 t en el año base a 822.000 t de carne en 2020. De este modo, sería la cadena de mayor crecimiento en esos diez años. Sin embargo, en los últimos 6 años la producción y el consumo aumentaron a una tasa mayor a la pronosticada en el PEA 2010. Según los datos del Ministerio de Agroindustria, en el año 2017 se faenaron un total de 6.425.216 cabezas lo cual significó una producción de 566.276 t de carne porcina (Ministerio de Agroindustria, 2018), mientras que el stock nacional en 2016 ya se encontraba en 5.119.438 cabezas (Ministerio de Agroindustria, 2017).



**Gráfico 2: Evolución de la producción de carne porcina en Argentina**

**Fuente:** Área Porcinos – Ministerio de Agroindustria, 2018.

La mayor parte de la producción porcina se destina al mercado interno, por lo tanto, su crecimiento depende del incremento de la demanda de carne porcina nacional. En relación al consumo, el PEA pronosticó que llegaría a 12,90 kg/hab./año para 2020 (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2010). Sin embargo, dicho consumo ya fue superado, llegando en 2017 a los 14,05 kg de carne/hab./año (Ministerio de Agroindustria, 2018).

En cuanto a la distribución del stock porcino nacional, existe una marcada concentración (61,82 %) en las provincias de la región central, donde Buenos Aires posee el 24,72 %, Córdoba el 22,00 % y Santa Fe el 15,10 %. La concentración del stock en esta región se corresponde con la gran superficie implantada de maíz y la distribución de las plantas elaboradoras de alimentos balanceados. Las demás provincias tienen el 38,18 % restante del stock, siendo importante la región del Noreste argentino, donde se destaca Entre Ríos y Chaco que retienen el 7,39 % y el 5,08 % del stock nacional, respectivamente. En este contexto, la provincia de Tucumán apenas presenta el 0,63 % del stock nacional porcino (Ministerio de Agroindustria, 2017).

En relación al comercio exterior, Argentina no se caracteriza por ser un país exportador de carne porcina, aunque presenta las condiciones económicas, climáticas y geográficas para serlo, tal como ocurrió con Brasil. En 2017, Argentina exportó un total de 14.562 t, es decir el 2,57 % de la producción total, dicha cantidad significó un incremento del 22,33 % con respecto al año anterior (Ministerio de Agroindustria, 2018). Durante el período 2010-2015, las exportaciones se incrementaron a una tasa del 12 % anual en términos de valor y 20 % anual en términos de cantidades (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016). Los principales destinos de exportación son: Hong Kong, Rusia, Sudáfrica, Vietnam y Angola (Ministerio de Agroindustria, 2017). Asimismo, los productos porcinos exportados son: menudencias y vísceras (40,70 %), harina animal (25,00 %), carne fresca (16,70 %), grasas y aceites (6,00 %) y el 11,60 % restante entre alimentos para animales, fiambre, chacinados y embutidos, cuero y pieles y carnes procesadas (Ministerio de Agroindustria, 2015).

Tal como se mencionó, la gran mayoría de los productos porcinos se destinan al mercado interno. Sin embargo, la producción nacional no alcanza a satisfacer la demanda local, por lo que el país debe importar productos porcinos. Por lo tanto, las importaciones son un factor determinante en el funcionamiento de la cadena porcina Argentina. En 2017 la cantidad de carne importada fue de 38.405 t lo que significó un aumento del 29,10 % en relación al año anterior (Ministerio de Agroindustria, 2018). En

los años previos al 2015 las importaciones tuvieron menor impacto sobre el consumo aparente de carne fresca, ya que el 85 % de las compras correspondieron a carnes congeladas destinadas a la industria chacinera. Los principales países proveedores de productos porcinos son Brasil, Dinamarca, España e Italia (Ministerio de Agroindustria, 2017).

### 2.2.2. Cadena porcina Argentina

El mercado local es quien, en el corto y mediano plazo, determina el crecimiento y desarrollo de la producción porcina nacional. De manera simplificada, el primer eslabón de la cadena es el Sector Primario. En él, se encuentran las cabañas o centros genéticos, que son quienes proveen los reproductores, cumpliendo además el papel de mejoradores de las distintas líneas genéticas, lo cual repercute sobre los índices productivos y la calidad de carne obtenida. Entre las razas más comercializadas puede mencionarse Landrace como línea materna, Yorkshire y Duroc Jersey como líneas de doble propósito, y Hampshire, Pietrain y Spotted Poland como terminales: (Beily *et al.*, 2012). Asimismo, pueden encontrarse una gran cantidad de líneas híbridas surgidas principalmente de la cruce, en distinta proporción, de las razas antes mencionadas.

Los productores realizan una o dos etapas productivas, estas pueden ser la de cría y recría de los lechones con los vientres de reposición o el engorde y terminación de capones y hembras sin servir, o bien de ciclo completo.

El número de madres por productores puede variar al igual que el grado de intensificación y tecnificación del sistema. El 96 % de los establecimientos del sector primario son de tamaño pequeño (1 a 50 madres). Éstos poseen el 55 % del total de madres y el 46 % del total de porcinos del stock nacional; los establecimiento de tamaño mediano (51-100 madres) representan el 3 % y concentran el 14,50 % de las madres y el 13 % de los cerdos; mientras que los grandes (101 madres o más) representan el 1 % del total de los establecimientos y poseen el 41 % del total de porcinos (SENASA, 2017). Por lo tanto, puede decirse que el estrato de tamaño pequeño es el que concentra la mayor proporción de las madres totales existentes. Sin embargo, su contribución al valor bruto de la producción es baja, debido a la baja eficiencia y nivel de producción, escasas de tecnología y bajo nivel de organización.

En el sector primario se incluyen actividades claves como son la sanidad animal, la utilización de agroquímicos, maquinaria y la nutrición animal. Este último aspecto resulta ser el de mayor importancia e interés, dado que representa el 60 %-70 % del

costo total de la producción primaria porcina. La alimentación se basa en la utilización de cereales y oleaginosas (maíz y soja, principalmente), que a su vez son producidas a gran escala en el país. En Argentina, la aplicación de impuestos de retención a la exportación de estos productos agrícolas (especialmente a la soja), permite tener costos de producción competitivos a nivel mundial.

Por otra parte, en el Sector Industrial se pueden diferenciar dos etapas de transformación de la materia prima, la primera ocurre en los mataderos frigoríficos, mataderos municipales y rurales. Aquí se faenan los cerdos y se obtiene la carne fresca refrigerada o congelada. En el caso de los frigoríficos con Ciclo II pueden obtenerse cortes a través del desposte de las canales. La segunda transformación se realiza en establecimientos chacinadores o procesadores que transforman la carne en chacinados, conservas, salazones y subproductos (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016).

El sector industrial por lo general se abastece de cerdos en pie, que compra directamente a los productores porcinos, o bien compra canales en mataderos o carne de despostaderos, nacionales o extranjeros. Aproximadamente el 86 % del ganado en pie se comercializa bajo la modalidad “Directo a frigorífico”, un 4 % del ganado es a través de “Intermediarios”, representados por el acopiador, consignatario y los remates feria, y un 10 % es de propia producción de los frigoríficos (Moreno y Telechea, 2011; Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016).

### 2.3. Características de los Sistemas Porcinos

Los sistemas porcinos comerciales pueden tener diferentes objetivos productivos: la cría de lechones, el engorde de cerdos para ser vendidos como animales pesados o ambos (Marchant-Forde, 2008). En Argentina, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 144/2005 (Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, 2005) la categoría CAP (capones) se compone por animales con dientes de leche que pesan más de 40 kg, machos adultos castrados y hembras que no hayan tenido servicio. En nuestro país, las granjas que producen CAP engordan a los animales hasta un peso de faena de entre 90-110 kg de peso vivo (PV). El peso promedio de faena en 2016 fue de 106 kg/animal (Ministerio de Agroindustria, 2016b).

En cuanto al manejo de una granja porcina, existen criterios y etapas que son comunes. La cría de los cerdos comienza con las etapas de servicio o inseminación, gestación y, finalmente, maternidad. En esta etapa, los lechones recién nacidos transcurren un periodo de lactancia junto a sus madres que dependiendo la granja suele

durar entre 21 y 35 d. Al alcanzar la edad establecida se destetan y son trasladados a otra instalación dentro o fuera de la granja denominada sala de pos destete o Sitio 2. Cabe mencionar que las granjas confinadas se manejan como “multi-sitios” con 3 sitios: 1-gestación-maternidad, 2-recría, 3-crecimiento y terminación. Generalmente en la transición del Sitio 1 al 2, existe un reagrupamiento de camadas, con animales no familiares y de similar edad (D’Eath y Turner, 2009) y se comienza con una alimentación completamente sólida. Cuando los animales tienen un PV prom de 30-32 kg y una edad promedio 70-80 d vuelven a ser trasladados a otras instalaciones (corrales de crecimiento-terminación o Sitio 3), sufriendo un nuevo reagrupamiento. En este Sitio se suelen llevar adelante, al menos dos etapas de alimentación: crecimiento o desarrollo y terminación. Cabe mencionar que, en los sistemas de terminación la cantidad de animales alojados comúnmente por grupos es de 25 a 30 cerdos (Li y Patience, 2016). La etapa de terminación culmina cuando los cerdos han alcanzado el peso de faena establecido por el sistema productivo.

En Argentina, al igual que en otras partes del mundo se puede encontrar una gran variedad de sistemas productivos. Los mismos, dependiendo del nivel de intensificación pueden ser clasificados de manera resumida en: extensivos o sistemas al aire libre, intensivos o confinados, y/o mixtos (donde algunas de las etapas se encuentran confinadas y otras al aire libre). La principal diferencia entre los sistemas radica en el tipo de instalación en la cual se encuentran alojados los cerdos y en la superficie asignada por animal, dado que los demás aspectos relacionados, tales como: alimentación, plan sanitario, manejo de la piara e incluso genética empleada resultan similares en términos generales.

### *2.3.1. Sistemas al aire libre*

Se considera que los sistemas porcinos predominantes en el país son los sistemas “al aire libre”, siendo el sistema adoptado por los pequeños o medianos productores (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016) por tratarse de sistemas de baja inversión. Estos sistemas se caracterizan por asignar una gran superficie a los cerdos, incluso pueden contar con un tapiz vegetal o pastura, el cual dependiendo de la especie forrajera, puede realizar algún aporte nutricional a la dieta de los animales.

Los sistemas a campo, como también suelen llamarse, pueden presentar diferentes grados de intensificación, desde los extensivos tradicionales hasta los sistemas con crianza intensiva a campo. En el primer caso se trata de granjas con

instalaciones sencillas donde la base de la alimentación son las pasturas y en algunos casos se hace una suplementación energética con granos de cereales. Muchos consumidores visualizan a estos sistemas como ambientalmente sustentables y amigables o respetuosos con el bienestar de los cerdos (Siegford *et al.*, 2008). En los sistemas intensivos a campo, la superficie asignada por animal es menor que el primer caso. Algunas granjas pueden combinar el uso de un tapiz vegetal con una alimentación balanceada, de acuerdo a los requerimientos nutricionales de cada una de las categorías. Sin embargo, los requerimientos nutricionales son cubiertos principalmente con el alimento balanceado ofrecido. En Argentina este es el sistema más adoptado por los productores porcinos de pequeña y mediana escala (SENASA, 2014).

### 2.3.2. *Sistemas porcinos confinados*

Los sistemas intensivos y confinados representan una alternativa para incrementar la escala y la eficiencia productiva alcanzada en los sistemas al aire libre. Consisten en sistemas en los cuales los cerdos se alojan sobre pisos de: concreto completo, enrejillado o “*slat*”-parcial o completo- y por lo general con sistemas de efluentes líquidos. Los corrales alojan grupos que van desde 5 a 50 cerdos con una superficie promedio asignada por individuo de 0,70 m<sup>2</sup> (Morrison *et al.*, 2007).

La tendencia actual de la industria cárnica, tanto a nivel mundial como nacional, se encuentra dirigida hacia una reconversión de los sistemas tradicionales agropecuarios en sistemas intensificados (Thornton *et al.*, 2010). A nivel mundial, la búsqueda de una mayor eficiencia genera la necesidad de intensificación, es decir, maximizar la cantidad de producto obtenido por unidad de recurso insumido, ya sea: tierra; alimento; energía; mano de obra; entre otras, en una escala temporal dada (Bungenstab, 2004). Estas condiciones han llevado a cambios estructurales en la industria porcina. Un ejemplo de ello es lo ocurrido en países como Estados Unidos o Brasil, en los cuales una reducción en la cantidad de productores se vio acompañada de un aumento en la producción total de cerdos, producto de un fuerte proceso de integración vertical y de concentración de animales por establecimiento (Davies, 2011). En este sentido, la incorporación de tecnologías (ej.: alimentación, genética, manejo, instalaciones) se concibe en la actualidad como un elemento indispensable en el proceso de intensificación de los sistemas ganaderos (Rivington *et al.*, 2007). El control de las condiciones ambientales dentro de los galpones, mediante sofisticados sistemas de climatización, resulta un

punto clave a la hora de alcanzar la máxima eficiencia productiva. Sin embargo, en nuestro país no todas las granjas pueden asegurar un ambiente controlado.

Por otra parte, los sistemas confinados son fuertemente criticados debido a sus implicancias negativas a diferentes niveles: social -impacto sobre la economía regional-, sanitario, ecológico -producción de gases contaminantes (Rao *et al.*, 2015) y elevada generación de efluentes- y ética -concerniente al bienestar de los animales- (Siegford *et al.*, 2008; Davies, 2011).

#### 2.4. Bienestar Animal

La importancia del bienestar de los animales ha crecido en todo el mundo en los últimos 50 años, especialmente, y en mayor magnitud, en la sociedad europea (Appleby *et al.*, 2008). La aparición del libro “*Animal Machines*” (Máquinas Animales en español), de Ruth Harrison en 1964, desató una fuerte preocupación en la sociedad británica sobre la forma en la que los animales estaban siendo criados en los sistemas intensivos de producción. Como consecuencia de ello, el gobierno británico convocó un comité para la investigación de las condiciones a las cuales los animales eran sometidos. Los científicos examinaron las distintas formas de alojamiento y de manejo empleadas en los sistemas intensivos, considerando su relación con el bienestar animal (Fraser, 2008). Finalmente, el comité elaboró un reporte donde propuso una serie de recomendaciones prácticas para mejorar los sistemas existentes. Además, estableció que era necesario iniciar y/o continuar con las investigaciones en temas de la medicina veterinaria, fisiología de estrés, ciencia animal y particularmente comportamiento animal. Dichas recomendaciones tenían el objetivo general de determinar cómo los sistemas productivos podían asegurar el bienestar y sobre esa premisa, explorar vías de mejora (Brambell, 1965).

Luego del reporte Brambell se creó el Comité Asesor de Bienestar de los Animales de Granja (*Farm Animal Welfare Advisory Committee*), en el año 1967, el cual luego se convertiría en el Consejo para el Bienestar del Animal de Granja (FAWC, por sus siglas en inglés). El FAWC definió, en términos prácticos, que los animales se encuentran en condiciones de bienestar animal cuando cumplen con las “cinco libertades”, ya sea en la granja, en el transporte, o incluso en situación pre-faena. Estas libertades responden a un animal libre de hambre y de sed; libre de lesiones, heridas o enfermedades; libre de miedo y sufrimiento; libre para expresar su normal

comportamiento y libre de incomodidad en el alojamiento (Farm Animal Welfare Council, 2009).

Por otra parte, el término bienestar animal ha adoptado innumerables definiciones que a largo de los años han ido complejizándose (Marchant-Forde, 2008) conjuntamente con su difusión en la sociedad. De manera general, el término hace referencia al estado de sufrimiento y de satisfacción que presenta el animal. No obstante, el sufrimiento o la satisfacción animal son estados emocionales que resultan extremadamente difíciles de medir directamente (Gregory, 1998; Morrison *et al.*, 2007). Ciertamente, el sufrimiento es definido por Dawkins (2008) como un amplio rango de emociones insatisfactorias como lo son el miedo, el dolor y la frustración.

Otra escuela del pensamiento define al bienestar enfocándose principalmente en el funcionamiento biológico del organismo (Carenzi y Verga, 2009), de manera que podría ser valorado mediante un abanico de indicadores (Marchant-Forde, 2008). En este sentido, Broom (1986; 1991; 2010) propone una de las definiciones más utilizadas desde este enfoque. Él lo define como la capacidad de adaptación y los intentos que realiza un individuo para estar en equilibrio con su ambiente. Cuando esta adaptación es dificultosa o imposible, se considera que el individuo se encuentra en una pobre, o incluso mala, situación de bienestar (Broom, 1991). De este modo, el esfuerzo y los diferentes cambios que realiza el animal con el fin de adaptarse a su ambiente o superar el estrés resultante son directamente medibles y pueden llegar a proporcionar información útil sobre el estado de bienestar (Marchant-Forde, 2008; Broom, 2010).

#### *2.4.1. Bienestar animal y preocupación social*

En los últimos años, la temática ha tomado gran trascendencia, principalmente en los países desarrollados donde el bienestar animal es considerado no sólo como un “bien público” sino como un elemento imprescindible para desarrollar sistemas de producción animal sustentables (Velarde *et al.*, 2015). La gran preocupación sobre el bienestar en estos países ha llevado incluso, a una disminución del consumo de carne porcina (Faucitano y Geverink, 2009). A nivel mundial, el incremento constante en el consumo de carnes trae aparejado un aumento en la preocupación del consumidor en relación a las buenas prácticas pecuarias y al bienestar de los animales en los criaderos (Zimmerman, 2012), especialmente en aquellos sistemas intensivos confinados (Marchant-Forde, 2008; Siegford *et al.*, 2008).

A pesar de las modificaciones impulsadas, desde el reporte Brambell en adelante, los sistemas confinados continúan teniendo una imagen social negativa, debido a las limitaciones de espacio y a la contaminación ambiental. En este sentido, Gregory (1998) afirma que la escasa disponibilidad de espacio por animal puede tener implicancias negativas para el bienestar del cerdo, ya que afecta la normal expresión de comportamientos naturales. Además, las condiciones de confinamiento pueden someter a los animales a diferentes situaciones ambientales estresantes si es que no son debidamente controladas, como ser las elevadas concentraciones de amoníaco atmosférico, elevados ruidos mecánicos, baja intensidad lumínica (Gregory, 1998; O'Connor *et al.*, 2010), entre otros. Por lo tanto las granjas confinadas son objeto de numerosas críticas y debates.

Por otra parte, la constante presión social sobre los gobiernos ha permitido la creación de distintos programas, decretos, regulaciones y acuerdos internacionales que buscan asegurar el bienestar de los animales de producción (Fraser, 2008).

La disciplina del bienestar animal resulta compleja de abordar, dado que involucra importantes aspectos de las ciencias animales, éticas, económicas y políticas (Carenzi y Verga, 2009). Por lo tanto, no sólo resulta una preocupación ética, sino que debe ser entendida también como una herramienta para acceder o mantener la provisión de carne a mercados y/o a grandes compañías alimenticias (Fraser, 2006; Velarde *et al.*, 2015). Estos mercados demandan productos que hayan sido obtenidos en sistemas que se rigen bajo determinadas normas o protocolos de bienestar de los animales. A raíz de estas exigencias es que se han desarrollado protocolos para poder evaluar el estado de confort de los cerdos en los sistemas productivos (ej.: Welfare Quality, 2009).

## 2.5. Bienestar Animal y Estrés

La ciencia del bienestar se ocupa principalmente de la respuesta adaptativa del animal al estrés y el impacto potencial que éste tiene sobre el funcionamiento del organismo. El término estrés se refiere a una variedad de respuestas -comportamentales, fisiológicas, e incluso emocionales (Jensen y Toates, 1997)- frente a estímulos (estresores) internos o externos que modifican la homeostasis de un individuo (Murata, 2007). Estos estímulos pueden ser factores físicos, fisiológicos, conductuales o psicológicos (Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005). A su vez, el estrés puede ser agudo o crónico, lo cual se traduce en la incapacidad del animal de adaptarse al medio, aspecto que resulta totalmente negativo desde el punto de vista ético y/o productivo. Por

ende, un buen estado de bienestar estará definido por la ausencia de una respuesta prolongada al estrés, es decir distrés. Cabe mencionar que el término distrés hace referencia a un estado aversivo en el cual el animal es incapaz de adaptarse completamente al estímulo, resultando en la expresión de comportamientos desadaptativos (DeHaven, 2000).

Como conclusión, el estrés es un factor importante en la industria animal ya que afecta directamente la tasa de crecimiento y la producción (Monteiro *et al.*, 2016), la calidad de la carne (Wang *et al.*, 2017), el bienestar de los animales (Zimmerman *et al.*, 2011) y la susceptibilidad a enfermedades (Kim *et al.*, 2011).

### 2.5.1. Fisiología del estrés

Frente a un estímulo o estresor, el sistema nervioso periférico aferente es quien lo percibe y transmite la señal a las áreas sensitivas del sistema nervioso central (SNC). Una vez que el SNC percibe la amenaza, desarrolla una defensa biológica que consiste en la combinación de 4 respuestas: una del sistema nervioso autónomo, una neuroendócrina, una comportamental y una del sistema inmunológico (Moberg y Mench, 2000). La primera respuesta producida involucra a los ejes simpáticos-adrenales (sistema nervioso autónomo simpático-médula adrenal) y luego el eje hipotálamo-hipófisis-corteza adrenal (HHA). El sistema nervioso autónomo actuará sobre varios sistemas, entre ellos la médula adrenal (Moberg y Mench, 2000). Ésta responde mediante la secreción de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), las cuales actúan rápidamente incrementando la presión sanguínea y el ritmo cardiaco del animal (Gregory, 1998). Moberg y Mench (2000) afirman que esta respuesta no genera un impacto significativo sobre el bienestar animal prolongado, dado que se trata de una respuesta rápida y breve.

Por otra parte, una de las respuestas al estrés más estudiadas dentro de la ciencia del bienestar animal es la del eje HHA y la secreción hormonal que éste implica. Los efectos de su activación se observan en la inmunología del organismo, capacidad reproductiva, metabolismo y comportamiento (Jensen y Toates, 1997; Moberg y Mench, 2000). La respuesta del eje HHA comienza con la secreción de arginina vasopresina (AVP) y/o de hormona liberadora de corticotropina (CRH) por parte del hipotálamo (Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005; Kanitz *et al.*, 2005). La CRH estimula la hipófisis anterior para secretar hormona adrenocorticotropica (ACTH), la cual induce la secreción de glucocorticoides (ej.: cortisol) por parte de la corteza adrenal. Como

resultado final se afecta el metabolismo de carbohidratos (gluconeogénesis), proteínas (proteólisis) y lípidos (lipólisis) (Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005; Averós *et al.*, 2009). Una vez que el organismo ha respondido al estímulo, se activa una respuesta de retroalimentación negativa, donde los niveles sanguíneos de cortisol provocan el fin de la secreción de ACTH de la hipófisis y CRH del hipotálamo, lo que a su vez finaliza la secreción de catecolaminas de la médula adrenal (Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005).

Otro de los mecanismos implicados en la restauración de la homeostasis consiste en la llamada reacción de fase aguda, que es una respuesta no específica. Según Murata *et al.* (2004), esta reacción se definió como un conjunto de cambios metabólicos y fisiológicos que suceden como respuesta a diferentes estímulos, tales como infecciones, daños tisulares, desordenes inmunológicos y estrés. Como resultado de una compleja reacción se producen cambios en las concentraciones de algunas proteínas plasmáticas, sintetizadas principalmente en el hígado, a las cuales en su conjunto se les denomina proteínas de fase aguda (PFA) (Murata *et al.*, 2004; Salamano *et al.*, 2008). Las proteínas de fase aguda que se encuentran en mayor concentración en cerdos son la Haptoglobina (Hp), la proteína C-reactiva (PCR) y la proteína de fase aguda mayor en cerdos (pig-MAP: *pig major acute phase*, en inglés) (Diack *et al.*, 2011). Al presente, el mecanismo de regulación de las mismas aún no se conoce exactamente (Murata, 2007; Bitrus *et al.*, 2017).

Por lo antes expuesto, resulta evidente que las variables fisiológicas constituyen indicadores esenciales de las respuestas de los animales frente al estrés. Sin embargo, Jensen y Toates (1997) argumentan que dicho estrés debe ser considerado como un fenómeno psicológico/comportamental, motivo por el cual el estudio fisiológico debe estar acompañado necesariamente de una evaluación comportamental y emocional del animal.

## 2.6. Bienestar y Comportamiento Animal

El comportamiento es un componente del bienestar animal (Temple *et al.*, 2011) que representa la primer respuesta del animal frente a los estímulos ambientales y da una primera imagen sobre qué tan bien el organismo puede superar un determinado grado de estrés (Carenzi y Verga, 2009). En este sentido, resulta necesario conocer el repertorio de comportamientos de los cerdos, de manera de poder saber cuáles de los comportamientos que está desarrollando el animal en la granja son “normales” o

“naturales” y cuales son “anormales”. Es importante mencionar que el hecho de que estos comportamientos naturales se expresen no implica necesariamente que la granja esté contribuyendo al bienestar (Špinka, 2006). Asimismo, la ausencia de comportamientos “naturales” en los sistemas confinados no implica necesariamente que el cerdo se encuentre en malas condiciones de bienestar. En este sentido, es posible que ciertos comportamientos se desarrollen solo en ambientes naturales ya que el animal se expone a ciertos desafíos o retos (ej.: comportamientos anti-depredador) que no están presentes de igual manera en los sistemas productivos (Marchant-Forde y Marchant-Forde, 2008). De esta forma, un sistema productivo altamente tecnificado podría modificar el ambiente, mediante el control de la temperatura, humedad y gases, de tal manera que eliminaría algunos de los desafíos a los cuales deben enfrentarse en condiciones al aire libre.

Algunos autores (Held *et al.*, 2009) han establecido que el patrón de comportamiento de los cerdos alojados en sistemas altamente tecnificados consiste en un repertorio limitado, diferente al de cerdos criados en praderas. Hughes y Duncan (1988) argumentan que en los sistemas intensivos surgen varias pautas comportamentales inapropiadas. Esto se debe a que en una situación natural los animales tienen una determinada cantidad de tiempo para desarrollar una gran cantidad de actividades -buscar alimento, explorar, cortejar, competir por los recursos o evadir predadores- mientras que en los sistemas intensivos existe una gran disponibilidad de tiempo para efectuar un acotado repertorio de comportamientos.

### 2.7. Indicadores de Bienestar Animal

Los indicadores se definen como variables que sirven para medir cambios de actividad en los procesos biológicos. Para ello el indicador debe tener validez, confiabilidad, sensibilidad y especificidad. Existen distintos indicadores que permiten evaluar de manera cuantitativa el bienestar de los animales en un sistema productivo, como ser: productividad, el estudio del patrón de comportamientos, fisiología (Candiani *et al.*, 2008; Dalla Costa *et al.*, 2008, Marchant-Forde, 2009) y calidad de carne (Blumetto Velazco *et al.*, 2013; Alende *et al.*, 2014). Sin importar el indicador utilizado para la evaluación, este debe ser independiente de consideraciones éticas (Broom, 2008). El estudio del bienestar animal debe realizarse desde una visión o enfoque multidisciplinario, dado que no existe un único indicador que por sí solo determine la presencia o ausencia de bienestar (Lyons *et al.*, 1995; Candiani *et al.*, 2008). Uno de los

problemas de medir el estrés es la enorme variación inter-animal en su respuesta frente al estrés. Más aún, cuando los animales se enfrentan a un mismo estresor la respuesta del SNC estará basada en las experiencias emocionales adaptativas previas (Mendl *et al.*, 2010) de cada individuo y será el resultado de una combinación única y particular de los distintos mecanismos que permiten lidiar con el estresor (Moberg y Mench, 2000).

### 2.7.1. *Indicadores productivos*

En el contexto agropecuario, la productividad es medida por la tasa de crecimiento (ej.: ganancia diaria de peso) o de reproducción, siendo tomados como indicadores tradicionales del funcionamiento biológico. Hay quienes identifican al bienestar con funciones biológicas y argumentan que alta productividad es sinónimo de condiciones óptimas de bienestar animal (Brambell, 1965). La relación entre bienestar y productividad es probablemente muy fuerte en sistemas con bajos niveles de productividad, donde el mal estado sanitario, el escaso crecimiento o reproducción y supervivencia indican problemas significativos en el normal funcionamiento. Según Fraser (1993), la relación entre productividad y bienestar suele ser algo confusa por la cantidad y complejidad de los factores intervinientes. Por ejemplo, la mayoría de las muertes de lechones se producen por inanición o por accidentes, representando en ambos casos problemas por falta de bienestar animal. Sin embargo, algunos de los “sistemas alternativos” (sistemas extensivos) que se proponen para mejorar el bienestar pueden producir incluso mayores tasas de mortalidad de lechones (ej.: por aplastamiento) en comparación con los sistemas confinados. Como contrapartida, los cerdos de un criadero pueden mantener una alta tasa productiva debido a que están siendo bien alimentados, pero este hecho no asegura que otros aspectos de su bienestar no hayan sido postergados (Brambell, 1965).

### 2.7.2. *Indicadores fisiológicos*

Existen diversos metabolitos que son considerados indicadores fisiológicos de bienestar, dado que son liberados cuando un estímulo estresante actúa sobre el organismo. Las hormonas corticosteroides adrenocorticales –tales como el cortisol- son muy utilizadas como indicadores (Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005). La medición de la concentración de cortisol se encuentra ampliamente difundida, aunque algunos estudios no obtuvieron resultados concluyentes en relación a su concentración y

el factor de estrés evaluado. Al respecto, Averós *et al.* (2009) en estudios en cerdos, no encontraron diferencias en los niveles de cortisol como respuesta a distintos tiempos de viaje. En este sentido, Scollo *et al.* (2014) tampoco observaron diferencias en la concentración de cortisol en saliva al comparar diferentes densidades de carga animal en el sistema de producción. No obstante, otros trabajos afirman que el factor estresante en estudio efectivamente afectó la concentración de cortisol en los animales. Blumetto Velazco *et al.* (2013) encontraron diferencias en la concentración sérica de la hormona, al comparar cerdos criados en diferentes sistemas de producción. Igualmente, Dalla Costa *et al.* (2008; 2009) encontraron efecto de diferentes tiempos de ayuno pre-faena sobre la concentración de dicha hormona esteroidea. En resumen, las evidencias citadas no son concluyentes para validar el uso del cortisol como único indicador objetivo de estrés.

Las proteínas de fase aguda (PFA) en cerdos constituyen un indicador de bienestar. Piñeiro *et al.* (2007) observaron un aumento en la concentración de PFA en cerdos sometidos a un periodo de transporte. Este estudio fue importante dado que demostró que las PFA no sólo se liberan luego de un proceso inflamatorio. Las PFA se han convertido en un excelente marcador de salud y bienestar, ya que también se liberan en procesos estresantes no inflamatorios. Si bien el trabajo de Piñeiro *et al.* (2007) no es el primero en detectar variaciones en la concentración de estas proteínas, es el primero en medir el efecto directo de un evento estresor, como lo es el transporte (Murata, 2007). Una de las ventajas de estos metabolitos frente a otros, como el cortisol, es que algunas proteínas (ej.: C-reactiva) comienzan a secretarse 4-6 h posteriores al estímulo estresante, alcanzando el pico máximo a las 36-50 h (Póvoa, 2002). A raíz de esto, diversos estudios han utilizados estas proteínas como indicadores confiables del nivel de bienestar y del deterioro de la salud de los animales (Scott *et al.*, 2006; Candiani *et al.*, 2008; Averós *et al.*, 2009; Piñeiro *et al.*, 2009). Scott *et al.* (2006) encontraron que la concentración de algunas PFA -proteína C-reactiva (PCR) y Haptoglobina- fue mayor en cerdos de sistemas confinados tradicionales que en animales alojados en sistemas de cama profunda o cama de paja.

Por otro lado, la pérdida del contenido de agua corporal o deshidratación, producto de una situación de estrés, resulta en un incremento en la concentración de albumina sanguínea, del hematocrito y del conteo de glóbulos rojos (Gregory, 1998; Averós *et al.*, 2009). La concentración de proteínas totales puede brindar información acerca de un cuadro de hipoproteinemia, el cual resulta de la epidermitis exudativa, la

ulceración de la porción esofágica, las enteropatías con pérdidas de proteínas y la enfermedad glomerular. Las respuestas inflamatorias o la deshidratación resultarán en un aumento de las proteínas plasmáticas (Jackson y Cockcroft, 2002a).

Otro indicador utilizado para determinar de manera indirecta el estado de bienestar animal es la actividad de la enzima creatinquinasa, la cual se encuentra en el tejido muscular. La actividad de la enzima se ve incrementada en situaciones de daño tisular, como consecuencia del ejercicio prolongado o profunda fatiga muscular, enfermedad muscular subclínica o posible necrosis, como lo son las contusiones (Knowles y Warriss, 2000; Brancaccio *et al.*, 2007).

Por otra parte, existen indicadores que permiten predecir una posible situación de ayuno, como es el caso de la glucosa, ácidos grasos libres y urea, entre otros. En los cerdos, una menor concentración de glucosa en sangre, producto de una menor absorción intestinal de glucosa puede indicar que el animal está ingresando en ayuno. Asimismo, un incremento en las concentraciones de urea sanguínea, puede ser el resultado de un elevado nivel de proteólisis muscular, causado por la misma situación estresante (Gregory, 1998).

### 2.7.3. Indicadores comportamentales

Cuando se comparan cerdos alojados en condiciones naturales y en condiciones intensivas, las diferencias comportamentales que se observan pueden revelar aspectos frustrados o no estimulados de la conducta (Nadin *et al.*, 2006; D'Eath y Turner, 2009). Un ejemplo típico de esta problemática es el de una cerda que intenta construir nido para sus lechones y se frustra al estar limitada en sus movimientos y sin el material para dicho nido.

Algunos de los comportamientos innatos de los cerdos o especie-específicos, como suelen denominarse, son: hozar, interactuar con los demás compañeros del grupo, elaborar nido (Hötzel *et al.*, 2004) y pastorear. El comportamiento de hozar (excavar y alcanzar raíces o *rooting*, en inglés) es característico de la especie (Hughes y Duncan, 1988), para el cual el cerdo está provisto de un agudo sentido del olfato combinado con la morfología del hocico y los fuertes músculos del cuello. D'Eath y Turner (2009) aseguran que los cerdos destinan el 75% de su tiempo a comportamientos relacionados con el pastoreo y la exploración del ambiente mediante su hocico. En los sistemas confinados, la ausencia de un sustrato manipulable imposibilita el desarrollo del comportamiento de hozar o *rooting* (Hughes y Duncan, 1988). Así, la falta de sustrato,

aspecto fundamental en el enriquecimiento del sistema, y la escasa disponibilidad de espacio por animal, características de estos sistemas, afectan la normal expresión de comportamientos habituales (Hötzel *et al.*, 2004; D'Eath y Turner, 2009). Esta falta de enriquecimiento ambiental, también influye sobre el temperamento de los animales y en el número de agresiones observadas (Melotti *et al.*, 2011). Como consecuencia, algunas conductas son redirigidas inapropiadamente a objetos o compañeros del grupo. La caudofagia, el hociqueo al vientre de otro cerdo (*bellynosning* en inglés, Peterson *et al.*, 1995) y las mordeduras de orejas (Schrøder-Petersen y Simonsen, 2001) son ejemplos de estos comportamientos orales indeseables. La caudofagia es un problema de comportamiento complejo, producto de una serie de factores: ambiente físico, manejo nutricional, tamaño del grupo, confinamiento, sexo, largo de la cola y/o la falta de sustrato (Walker y Bilkei, 2006).

Muchas de las condiciones antes citadas generan frustración en los animales, hecho que se traduce en estrés, el cual puede volverse crónico (Nadin *et al.*, 2006). Esta situación puede resultar en el desarrollo de conductas estereotipadas, tales como: masticar y morder cadenas o barrotes de una jaula, manipular los chupetes, lamer el suelo, rechinar los dientes y enrollar la lengua, entre otras (Welfare Quality, 2009). Las conductas estereotipadas, son propias de animales con escasa estimulación, con miedo y/o frustración, y se definen como una secuencia repetitiva de actos motores invariantes, los cuales no proporcionan ningún beneficio obvio para la producción ni para el animal (Broom, 1991; Lawrence y Terlouw, 1993; Welfare Quality, 2009). Se considera que la presencia de estereotipias es un indicador fehaciente de la falta de bienestar animal (Lawrence y Terlouw, 1993). La presencia de ellas es muy común en cerdas gestantes con restricción alimenticia y restricción de espacio, propio de los sistemas confinados. Si bien en los sistemas al aire libre las cerdas gestantes también reciben una alimentación restringida, estas son libres de desarrollar diferentes comportamientos alimenticios tales como: hozar y/o explorar en busca de forrajes o raíces. Cabe mencionar, que en condiciones a campo y sin alimentación restringida, una cerda puede llegar a presentar problemas en su comportamiento al no tener sustrato forrajero (D'Eath y Turner, 2009).

Por otra parte, los cerdos se caracterizan por ser animales que en condiciones naturales viven en grupos sociales definidos. Bajo condiciones productivas, los cerdos de una camada desarrollan comportamientos sociales positivos y aprenden las relaciones de dominancia. Sin embargo, pueden desarrollarse comportamientos agresivos -peleas-

cuando se mezclan cerdos no emparentados en espacios pequeños. Este tipo de comportamiento suele ser más frecuente en los sistemas confinados que aquellos al aire libre (Hötzel *et al.*, 2004; Blumetto Velazco *et al.*, 2013). Además, bajo confinamiento, la escasa disponibilidad de espacio, genera que los animales no puedan evitar el contacto, dificultándose de este modo la tolerancia social (D'Eath y Turner, 2009).

Por otro parte, Nadin *et al.* (2006) afirman que la pauta de descansar o reposar tiene gran importancia dentro de los comportamientos evaluados, tanto en sistemas con pradera como en aquellos confinados.

En términos generales, puede decirse que el conocimiento del comportamiento, incluso, la comparación entre patrones comportamentales de cerdos alojados en diferentes sistemas productivos constituye una herramienta de gran valor práctico para conocer la interrelación ambiente-animal (Hernández *et al.*, 2005; Temple *et al.*, 2011).

## CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ensayo a Campo

Este estudio se realizó durante la estación de invierno y primavera del año 2015. Se trabajó con dos sistemas productivos porcinos propios de la región del Noroeste Argentino (NOA): confinado sin ambiente controlado (CONF) –no presenta equipamiento para controlar temperatura ambiente, humedad ni nivel de gases- e intensivo a campo (IAC). Ambos sistemas se encuentran ubicados en la provincia de Tucumán, Argentina, en una región con clima de tipo subtropical subhúmedo con estación seca. La precipitación media anual de la región es de 880 mm y la temperatura media anual es de 19 °C, siendo la media del mes más cálido 25 °C y la del mes más frío 13 °C (datos obtenidos de la Estación Meteorológica IIACS).

Como unidad representativa del sistema intensivo a campo se trabajó con la Unidad de Producción y Experimentación (UPEX) Porcina del Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (IIACS-INTA), ubicado en la localidad de Leales (27°11'10,60" S y 65°14'32,45" O (Google, 2015)), a una altitud de 335 msnm. Este sistema resulta representativo de un criadero porcino de pequeña-mediana escala típico de la región, con instalaciones al aire libre y administración de alimentación balanceada. Las cerdas en gestación y los animales en etapa de recría y engorde fueron alojados al aire libre, mientras las cerdas en lactancia se alojaron en una sala de maternidad confinada con piso sobreelevado. El día 28 de lactancia, los lechones fueron destetados y trasladados a corrales al aire libre de 56 m<sup>2</sup>, provistos de un refugio cubierto de 6 m<sup>2</sup>, en cuyo interior se colocaron rollos de Gramma Rhodes (*Chloris gayana*) como material de cama. En el IAC, una vez que los animales alcanzaron un peso vivo promedio (PV prom) de 32 kg fueron reagrupados y trasladados a corrales de engorde de 1900m<sup>2</sup> divididos mediante cerco eléctrico e implantados con una pastura perenne de Gatton Panic (*Megathyrsus maximus*) (Ilustración 1). El porcentaje de cobertura con pastura en los lotes utilizados, medido al inicio del ensayo, fue del 20 %, resultando en una oferta estimada de biomasa de 150 kg de Materia Fresca (MF)/corral. En cada lote evaluado se utilizaron comederos tipo tolva de 10 bocas, los cuales se cargaban semanalmente y dos bebederos tipo chupetes con cazoleta. Los corrales estaban provistos de sombra natural y estructuras de sombra artificial de 2 m de altura y una superficie cubierta de 10 m<sup>2</sup>.

Por otra parte, para definir el CONF representativo de la región se realizó un relevamiento de los sistemas confinados porcinos en la provincia de Tucumán. De este

modo, se escogió una granja privada ubicada en la localidad de Lules (26° 55' 51.1392" S y 65° 17' 47.2056" O, (Google, 2015)). La granja cuenta con 180 madres en producción manejadas en bandas semanales. En el sistema confinado escogido se pueden diferenciar 4 tipos de instalaciones o salas: corrales de gestación y padrilleras, Sitio 1 de maternidad; Sitio 2 de destete y recría y Sitio 3 de crecimiento y terminación.

Las cerdas en gestación se alojaron en grupos sobre corrales con piso de cemento y con pelo de agua. Las cerdas en lactancia y los animales en etapa de recría y terminación se encontraron alojados bajo galpones con techo de zinc y provistos de pisos de *slat* (enrejillado) de cemento y fosa húmeda. El manejo que recibieron las cerdas próximas a parir y su camada fue idéntico al del sistema IAC.

El manejo que se describe a continuación es el que se realiza habitualmente con los animales en este tipo de granja y fue el llevado a cabo con los animales utilizados en el presente estudio. Los lechones fueron destetados a los 28 d de edad y se trasladaron al Sitio 2, donde se produjo el primer reagrupamiento. Los animales permanecieron allí hasta alcanzar el peso vivo promedio de 32 kg, para luego ser trasladados al Sitio 3. El galpón de crecimiento y terminación contaba con una superficie total de 346 m<sup>2</sup>, con un total de 12 corrales de 25,80 m<sup>2</sup> de superficie cada uno, con piso *slat* de cemento (tamaño de abertura: 4 cm x 30 cm) y cortinas laterales (Ilustración 2). Cada corral contaba con un comedero seco tipo tolva de cinco bocas, un comedero seco-húmedo tipo tolva de dos bocas y cuatro bebederos tipo chupetes (APÉNDICE 2 y 3). En este sistema los comederos se cargaban diariamente.



**Ilustración 1: Tratamiento Intensivo a Campo (IAC). Piquetes separados por cerco eléctrico y cerdos sobre la pastura (Izquierda), comederos con sombra (Derecha)**



**Ilustración 2: Tratamiento Confinado (CONF). Galpón de Crecimiento-Terminación con corrales de piso enrejillado o *slat* de cemento.**

En cuanto a la alimentación, en ambos sistemas los animales recibieron a voluntad el mismo alimento. La dieta fue elaborada a base de maíz molido, harina de soja y una premezcla comercial vitamínico-mineral (marca Biofarma, Argentina) y balanceada para cubrir los requerimientos nutricionales de cada categoría. En el presente estudio la etapa de crecimiento abarcó animales desde los 32 kg PV promedio hasta los 60 kg PV, continuando luego la etapa de terminación. Ambas etapas tuvieron la misma duración de 36 d.

En la Tabla 1 se detalla la formulación de las dietas provistas y su respectiva composición nutricional.

**Tabla 1: Porcentaje de ingredientes en las dietas de las distintas etapas de alimentación y su composición nutricional**

<i><b>Ingredientes</b></i>	<b>Dietas</b>	
	<b>Crecimiento</b>	<b>Terminación</b>
Maíz molido	70,50 %	76,50 %
Harina de soja	26,50 %	21,00 %
Núcleo vitamínico-mineral	3,00 %	2,50 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>
<i><b>Composición nutricional</b></i>		
Energía Metabólica (Kcal EM/kg MS)	3322	3341
Proteína Bruta (%)	17,70	15,78
Lisina Digestible (%)	0,97	0,77

Con el fin de enfocar el estudio propuesto sobre dos sistemas vigentes de producción porcina en la región NOA argentina, se trabajó con un total de 108 cerdos (*Sus scrofa*) híbridos (obtenidos de cruzamientos adaptados y optimizados, desde el

punto de vista productivo, a cada uno de los sistemas) de ambos sexos (hembras y machos castrados). Los factores en estudio fueron: los sistemas de producción (CONF y IAC) y los días de muestreo (seis niveles). Por cada sistema se contó con dos grupos de 27 animales. En ambos casos los grupos resultaron del reagrupamiento de dos lotes de similar tamaño. Para el sistema CONF, la superficie asignada por animal fue de 0,95 m<sup>2</sup>/animal, mientras que para el IAC fue de 70,37 m<sup>2</sup>/animal. La densidad animal utilizada en ambos sistemas fue acorde a las recomendaciones de manuales de Buenas Practicas Pecuarias (Arey y Brooke, 2006; Abaigas, 2008).

Los animales ingresaron al ensayo con un peso vivo promedio de 32,09 kg ( $\pm$  4,95 D.E.) y una edad promedio de 77 d ( $\pm$  4,70 D.E.) y permanecieron hasta alcanzar un peso vivo de 90,58 kg ( $\pm$  10,30 D.E.) y una edad promedio de 150 d.

El protocolo de manejo de los animales empleado en el presente ensayo ha sido avalado por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Maestría en Producción Animal de la Universidad de Buenos Aires con el número de protocolo 2017/02.

### 3.2. Registro de Condiciones Ambientales

En ambos sistemas se registró la temperatura ambiental ( $T_a$ , °C) y la humedad relativa (HR, %). Dichas mediciones se realizaron dentro de los corrales por medio de termohigrómetro (TFA Klima Logger Thermo-Higro-Station de 433 MHz, Alemania) cada 15 minutos en los días de muestreo. Esta información se registró con el objetivo de conocer las condiciones ambientales a las cuales estaban sujetos los animales. En el caso de la granja confinada, los sensores estuvieron situados dentro del galpón de engorde a una altura de un metro del suelo. En el sistema a campo, los sensores se colocaron dentro del corral a la misma altura, protegidos del sol directo y de la lluvia. Con los datos de temperatura y humedad registrados se elaboró el Índice de Temperatura y Humedad (ITH). Este índice combina las dos variables mencionadas y las asocia al grado de confort animal (Buffington *et al.*, 1981), resultando ser un indicador fiable para monitorear si las condiciones ambientales resultan estresantes (Bottegal *et al.*, 2014; Garrappa *et al.*, 2016). Para calcular dicho índice se utilizó la ecuación propuesta por Kelly y Bond (1971) (citado en Vitali *et al.*, 2014):

$$ITH = (1,81 \times T_a (\text{°C}) + 32) - (0,55 - 0,55 \times HR (\%) / 100) \times (1,8 \times T_a (\text{°C}) - 26).$$

De acuerdo al valor de ITH se establecen diferentes rangos de confort para cerdos: a) condición ambiental Normal para valores menores a 74; b) Alerta para

valores de 74-78; c) Peligro para valores de 78-84 y d) Emergencia para valores mayores a 84 (Barbari y Conti, 2009; Wegner *et al.*, 2016).

### 3.3. Indicadores Productivos

Con el fin de determinar indicadores productivos, los animales fueron pesados individualmente, en tres momentos del ensayo: a) el día 1; b) el día del cambio de alimentación de crecimiento a terminación (día 37 del ensayo) y c) al alcanzar la condición de fin del ensayo, es decir un peso vivo de 90 kg (día 73 del ensayo). También se registraron las cantidades de alimento ofrecido por grupo durante cada uno de los periodos de alimentación (crecimiento y terminación), a fin de estimar el consumo de alimento (CA). Dado que en el presente estudio no fue posible contabilizar las pérdidas de alimento, se consideró que la cantidad de alimento ofrecida fue equivalente a la cantidad consumida. Con los valores de ganancia de peso grupal (calculada) y del consumo de alimento grupal se obtuvo la eficiencia de conversión alimenticia grupal (EC, kg de alimento/kg de ganancia de peso) por etapa en ambos sistemas. Asimismo, se calculó el porcentaje de mortalidad de cada grupo.

Para calcular la ganancia media diaria de peso vivo (GMD) individual se consideraron los datos de registro de peso vivo de diez animales machos de cada grupo de ambos sistemas. Estos animales fueron elegidos al azar al inicio del ensayo y resultaron representativos del grupo al que pertenecían. Los mismos fueron individualizados a través de caravanas plásticas numeradas (Allflex USA Inc.) con el objetivo de realizar un seguimiento sobre ellos a lo largo de todo el estudio.

### 3.4. Indicadores Fisiológicos

Con el fin de evaluar los valores de los parámetros fisiológicos se tomaron muestras de sangre de los diez cerdos machos identificados individualmente de cada grupo. La recolección de muestras se realizó siempre en el mismo horario, de 9:00 h a 11:00 h, en los siguientes días: el día de ingreso al ensayo (previo al reagrupamiento); el día 3; el día 5 y el día 16 del ensayo. Estos muestreos consecutivos se realizaron con el fin de conocer el valor inicial de los metabolitos y su evolución frente al supuesto estrés generado por reagrupamiento y cambio de ambiente. También se tomaron muestras de sangre el día 37, momento en el que se produjo el cambio de dieta (cuando los animales alcanzaron 60 kg de PV aproximadamente) y el día 73, momento de finalización del ensayo.

El manejo de los animales en cada día de muestreo fue el mismo, siguiendo siempre la misma rutina de trabajo, tal como se describe a continuación. Los animales no fueron privados de alimento ni agua en forma previa al muestreo. Para la obtención de las muestras, los cerdos fueron arreados hasta las instalaciones de manejo. En el caso del CONF, los animales se desplazaron de manera individual una distancia máxima de 15 m hasta llegar a la balanza, donde fueron manipulados. Por su parte, en el IAC los animales debieron ser arreados en grupo, dado que la distancia (50 m) a recorrer hasta las instalaciones de manejo era mayor que en CONF. Una vez llegados a las instalaciones fueron sujetos de manera individual para proceder al muestreo. Las muestras de sangre fueron tomadas por el mismo personal entrenado durante todo el ensayo y bajo condiciones de mínimo estrés, mediante punción de la vena yugular. Se tomaron 8 ml de sangre por animal utilizando jeringas de 10 ml y agujas G18 1,20 x 40 mm para animales menores a 60 kg de PV, mientras que para animales de mayor peso se emplearon agujas G18 1,20 x 50 mm. Inmediatamente después de la extracción, la sangre fue trasvasada a tubos de ensayo, los cuales se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 min (siguiendo la metodología empleada por Candiani *et al.*, 2008; Blumetto Velazco *et al.*, 2013) utilizando centrífuga Presvac DSC-16-V, Argentina. El suero separado fue trasvasado a tubos eppendorf de 1,50 ml, dentro de las 2 h post-muestreo, y almacenado a  $-20\pm 1$  °C hasta su análisis (Zimmerman, 2012). En las muestras obtenidas se analizó:

- Hematocrito (H): Parte de la muestra de sangre recolectada se trasvasó inmediatamente a micro-capilares heparinizados (Biocap S.A) que luego fueron centrifugados (Presvac, Buenos Aires, Argentina) durante 20 min a 3000 rpm. El cálculo de hematocrito se realizó midiendo la longitud total de la muestra dentro del capilar y la longitud total de la columna de eritrocitos. Los valores se expresan como el porcentaje de eritrocitos sobre el total de la muestra. Cada determinación se realizó por duplicado y el valor registrado resultó del promedio de ambas determinaciones. El valor se expresa en %.
- Concentración de glucosa: Se evaluó inmediatamente después de tomada la muestra, utilizando un glucómetro portátil con tiras reactivas modelo One Touch® Ultra® marca Lifescan (Estados Unidos). La concentración de glucosa se expresa en mg/dl.

- Concentración de cortisol: Se determinó mediante el método de ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) utilizando el kit comercial DIASource ImmunoAssays (Bélgica). Los resultados obtenidos se expresan en µg/dl.
- Proteínas totales (PT): Se determinó mediante el uso de refractómetro clínico de mano marca Arcano, de acuerdo a la metodología propuesta por Voigt y Swist (2011). Los valores son expresados en g/dl.
- Actividad de enzima creatinquinasa (CK): Determinada por método espectrofotométrico mediante el kit comercial CK-NAC UV AA Wiener-Lab, Rosario, Argentina. Los valores se expresan en U/l.
- Concentración de urea: Determinada a través de método espectrofotométrico con el uso del kit comercial Urea Color 2R Wiener-Lab (Rosario, Argentina). Los valores son expresados en g/l.
- Concentración de proteína C-reactiva: Valorada mediante el método espectrofotométrico con el kit comercial PCR Turbitest AA, mediante anticuerpo humanos (Lampreave *et al.*, 1994) de Wiener-Lab (Rosario, Argentina). Los valores son expresados en mg/l.

El procesamiento y análisis de las muestras se realizó en las instalaciones del IIACS-INTA y del Instituto Tecnología de Alimentos de INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina.

### 3.5. Indicadores Comportamentales

El comportamiento puede ser descrito mediante dos tipos de pautas. Los denominados “sucesos o eventos” son pautas de comportamiento de duración relativamente corta, tales como los movimientos corporales, que se pueden representar como puntos en el tiempo. La característica más sobresaliente de los eventos es su *frecuencia de aparición*. Por otra parte, se encuentran los denominados “estados” que son pautas de comportamiento de duración relativamente prolongada, tales como actividades prolongadas y posturas corporales. La característica más sobresaliente de los estados es la *duración* de los mismos (Martin y Bateson, 1991).

Con el fin de realizar la medición de comportamiento, se confeccionó un registro de ocurrencia de pautas con estados y sucesos. Los comportamientos evaluados como estados, por su mayor duración, fueron: Comer, Beber, Locomoción, Explorar, Pastorear (para el caso del sistema IAC), Jugar, Estereotipias, Sentado, Parado y

Acostado. Como eventos se consideraron: agresiones, hociquear a otro cerdo (*bellynosing*), Defecar, Orinar. Además, para el caso de las agresiones se computó el lugar de ocurrencia: cerca del comedero, bebedero u otro sitio. Los estados y eventos o sucesos se encuentran debidamente descriptos en la Tabla 2.

Las observaciones en ambos sistemas productivos fueron realizadas por dos personas entrenadas. Con el objetivo de estandarizar y minimizar las diferencias en las mediciones, los observadores recibieron el mismo entrenamiento en ambos sistemas, previo al inicio del estudio. Las observaciones fueron efectuadas los días 1, 2, 4, 15, 36 y día 72 del ensayo. Las mediciones fueron realizadas entre las 9:00 h y las 18:00 h, dado que es el momento del día en el que los animales se muestran más activos (Lyons *et al.*, 1995). Durante el periodo mencionado se desarrollaron 3 sesiones de medición en los siguientes horarios: 9:00 h-11:00 h (mañana), 13:00 h-15:00 h (mediodía) y 16:00 h-18:00 h (tarde). En el día 1, las observaciones se realizaron en las sesiones del mediodía y de la tarde, dado que durante la mañana se realizó la colecta de muestra de sangre de los animales seleccionados.

La medición de comportamiento se realizó a través de la técnica de muestreo de barrido y focal, con intervalos cada dos minutos durante tres sesiones por día, de dos horas cada una (Blumetto Velazco *et al.*, 2013). El muestreo de barrido consiste en explorar rápidamente a un grupo completo de individuos, a intervalos regulares, registrándose el comportamiento de cada individuo en ese instante. En este muestreo el tiempo dedicado a la observación de cada individuo del grupo es lo más corta posible. Para el caso de los eventos el registro utilizado fue de tipo continuo, es decir se registró el número de veces que se observó la actividad durante toda la sesión.

El muestreo focal se realizó sobre tres hembras elegidas al azar, consideradas representativas del grupo (en base a su peso), que presentaban buena salud y normal locomoción. Una vez elegidas, se las identificó con marcador para cerdos (All-weather Paintstik), de tres colores distintos para diferenciarlas durante la observación. En estos animales se registraron sus estados cada dos minutos y todos los eventos que se presentaron durante las sesiones antes mencionadas.

Los dos muestreos (de barrido y focal) fueron realizados en simultáneo.

Tabla 2: Lista de comportamientos evaluados y su descripción

<b>Clasificación de la pauta</b>	<b>Comportamiento</b>	<b>Descripción</b>
Estado	Explorar	El cerdo está olfateando, hozando y hurgando las instalaciones, paredes, piso y otras partes del corral.
Estado	Acostado	El cerdo está reposando decúbito lateral o con el vientre apoyado en el suelo, está inactivo.
Estado	Comer	El cerdo está con la cabeza en el comedero o masticando alimento balanceado.
Estado	Sentado	El cerdo está sentado, observando. La parte posterior del cuerpo está en contacto con el piso y soporta la mayor parte del peso. Las extremidades anteriores extendidas elevan la parte anterior del cuerpo.
Estado	Beber	El cerdo está con la boca sobre el chupete o bebedero.
Estado	Locomoción	El cerdo camina o corre para recorrer un lugar sin otro comportamiento particular (ej.: explorar, pastorear, etc.).
Estado	Jugar	El cerdo está mordiendo la cola u orejas de otro cerdo sin intención de agredir.
Estado	Parado	El cerdo está en estado estacionario, soportando su peso sobre las cuatro extremidades extendidas.
Estado	Pastorear	Animal con la cabeza en la vegetación o masticando pastura.
Evento	<i>Bellynosing</i> , Hociqueo a otro cerdo	Movimiento rítmico del hocico contra la panza u otra parte del cuerpo (ej.: zona del flanco) de otro cerdo.
Estado	Estereotipias	Masticar aire (movimiento repetido de la boca sin contacto con ningún sustrato) salivación, rechinar los dientes, morder repetidamente objetos, morder las barras.
Evento	Orinar	El cerdo orina en estado estacionario.
Evento	Defecar	El cerdo defeca en estado estacionario.
Evento	Interacción agonística o agresión	Cualquier comportamiento indicativo de conflicto social como perseguir, atacar o pelear (instigador), o escapar, evadir o subordinación (víctima).

Fuente: adaptado de Hötzel *et al.*, 2004; Nadin *et al.*, 2006; Candiani *et al.*, 2008; Blumetto Velazco *et al.*, 2013; Scollo *et al.*, 2014b.

### 3.6. Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Infostat 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Los valores de ITH se analizaron mediante un análisis descriptivo para calcular los valores promedios, mínimo, máximo y desvío estándar, a modo de describir las condiciones ambientales imperantes en cada uno de los sistemas.

Para los datos de producción el diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con dos repeticiones por tratamiento: CONF vs. IAC. Para el análisis de eficiencia de conversión y consumo de alimento se tomó como unidad experimental al corral (grupo de animales de la misma repetición). Para ganancia media diaria de peso se consideró como unidad experimental el grupo de animales machos individualizados por corral. Los datos se analizaron mediante ANOVA.

Las variables fisiológicas fueron analizadas mediante el uso de modelos lineales mixtos para mediciones repetidas en el tiempo, para contrastar las diferencias de medias de cada una de las variables respuestas. Se consideró como efectos fijos al Sistema (CONF e IAC) y los seis momentos de muestreo (días 1, 3, 5, 16, 37, 73), mientras que el lote o corral y los individuos fueron considerados como efectos aleatorios. El efecto Día fue considerado fijo ya que el momento de muestreo se estableció previamente considerando los tiempos de liberación y evolución de los metabolitos. Los datos de concentración de glucosa, cortisol, PCR y CK se normalizaron mediante  $\text{Log}_{10}$ , para ajustarlos al modelo. Para la comparación de medias ajustadas se utilizó la prueba “Di Rienzo, Guzmán y Casanoves” (DGC) (Di Rienzo *et al.*, 2002), con un valor de significancia de  $\alpha=0,05$ .

En forma complementaria al análisis univariado, con los datos obtenidos de las mediciones fisiológicas se realizó un análisis multivariado. Los mismos son análisis descriptivos o exploratorios cuyo objetivo es resumir una gran cantidad de datos en un número reducido de dimensiones, con la menor pérdida de información posible. Para estas variables se realizó un Análisis de Componentes Principales.

La metodología utilizada para el análisis de los datos comportamentales se definió en función de la técnica de muestreo utilizada (técnica de barrido o de animal focal). Los datos obtenidos a través de la técnica de barrido se analizaron mediante análisis de correspondencias múltiples, donde se expresó la frecuencia de animales realizando cada comportamiento y la frecuencia de aparición de eventos en función del sistema de alojamiento y el momento del día. Cabe aclarar que la proporción de

animales que realizaron comportamientos el día 1 se analizó de manera separada, dado que para este día existieron muestreos en la sesión mediodía y tarde. Se pretende con este análisis describir un patrón de comportamiento en relación al sistema en estudio y al momento del día.

Los datos obtenidos a través de la técnica focal se analizaron –en primera instancia- en forma descriptiva calculando la proporción del tiempo que los animales destinaron a cada actividad y luego se analizaron a través de modelo lineal mixto. Los efectos fijos fueron Sistema y Día, mientras que como efectos aleatorios se tomó lote o corral e individuo focal. Se pretende con este análisis describir la evolución del comportamiento a medida que avanza el periodo de engorde. Los comportamientos: Estereotipias, Sentado, Jugar y Parado, debieron ser transformados mediante arcoseno ( $\sqrt{\text{proporción}}$ ) y los eventos se normalizaron mediante raíz cuadrada para cumplir con los supuestos –normalidad y homocedasticidad- del modelo.

El nivel de significancia considerado para establecer diferencias entre los componentes fue  $p\text{-valor} < 0,05$ , definiéndose “tendencia” en aquellas situaciones donde el valor de  $p$  se encontró entre 0,05 y 0,10.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Condiciones Climáticas

Las condiciones climáticas imperantes en los sistemas de producción estudiados y en los días de muestreo se presentan a través del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) calculado. Durante los primeros cinco días del ensayo, el ITH promedio fue de 70,47 y de 62,92 en el sistema CONF e IAC, respectivamente. El valor mínimo de ITH que se presentó en estos días fue de 56,36 en CONF y de 54,97 en IAC, mientras que el máximo fue de 81,00 y de 75,37, respectivamente. En el Gráfico 3 se presenta la evolución de las condiciones ambientales durante los primeros cinco días del ensayo en cada tratamiento. Cabe mencionar que en el sistema CONF, durante estos días, las condiciones fueron más estresantes, especialmente el día 5 donde el rango de ITH alerta y de peligro representó el 62 % y 10 % del tiempo, respectivamente (Gráfico 5).

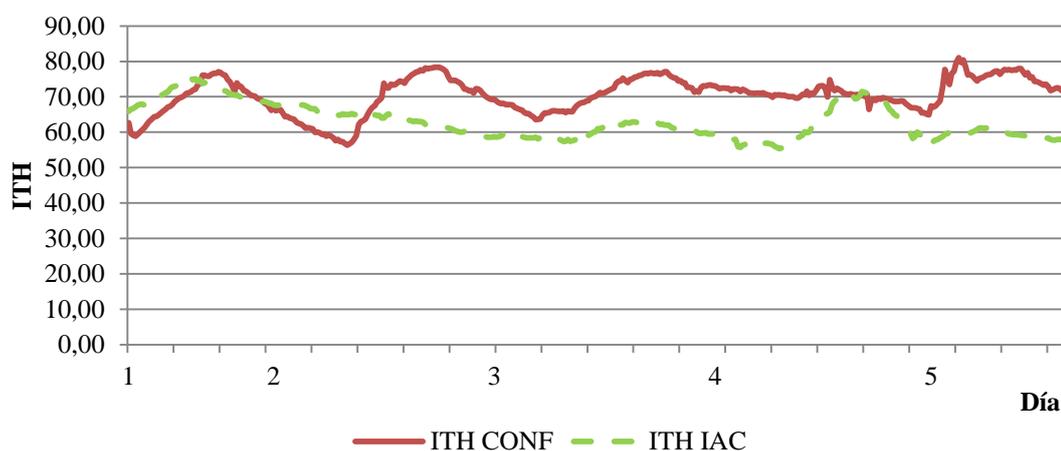


Gráfico 3: Evolución del ITH durante los primeros 5 días del ensayo en ambos sistemas de producción

Durante los días 15 y 16, el ITH promedio en CONF y en IAC fue similar (Gráfico 4). Sin embargo, en el sistema IAC durante el día 15 el ITH permaneció el 20 % del tiempo en la condición de alerta y el 10 % en peligro. Asimismo, durante el día 16 -en el sistema IAC- la condición de alerta y peligro disminuyó al 13 % y 4 % del tiempo, respectivamente (Gráfico 5). Durante estos mismos días los animales del sistema CONF se encontraron en condiciones de ITH normal durante todo el tiempo.

Durante los días 36 y 37 del ensayo, las condiciones expresadas a través del ITH fueron similares en ambos tratamientos tanto en la media como en su variabilidad. La gran diferencia ambiental se presentó al final del ensayo -días 72 y 73-, donde los valores de ITH alcanzados en el sistema IAC fueron superiores a los del CONF (Gráfico 4). El día 72 las condiciones del sistema IAC resultaron ser más adversas térmicamente

para los animales, dado que el ITH permaneció en la condición alerta y peligro el 44 % y 39 % del tiempo, respectivamente (Gráfico 5).

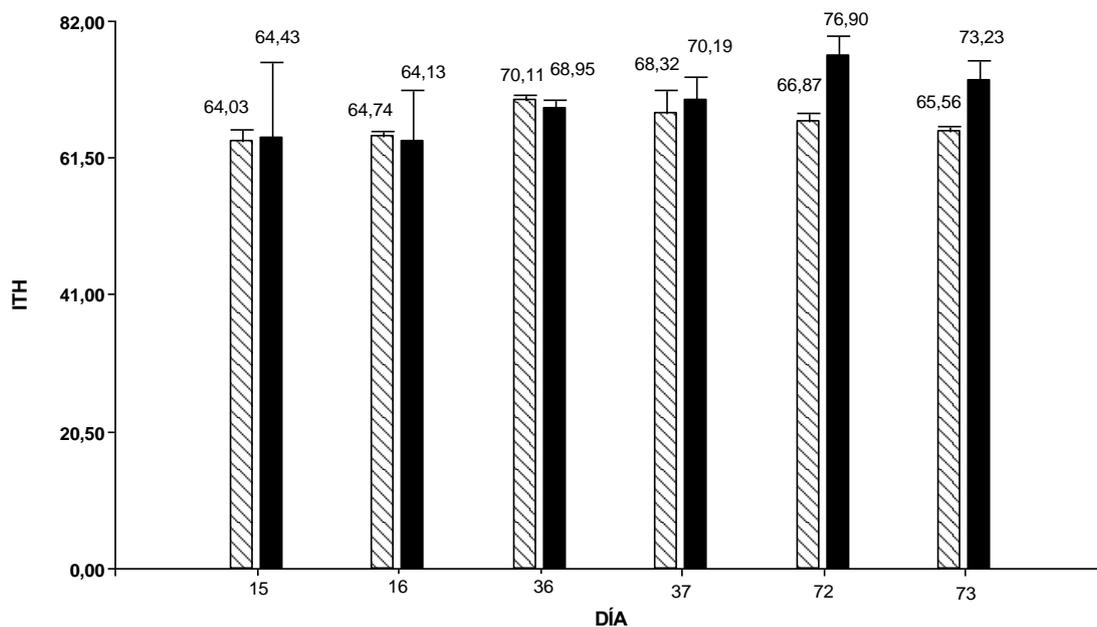


Gráfico 4: ITH medio y D.E. en ambos sistemas los días 15, 16, 36, 37, 72 y 73 del ensayo. ▨ CONF, ■ IAC

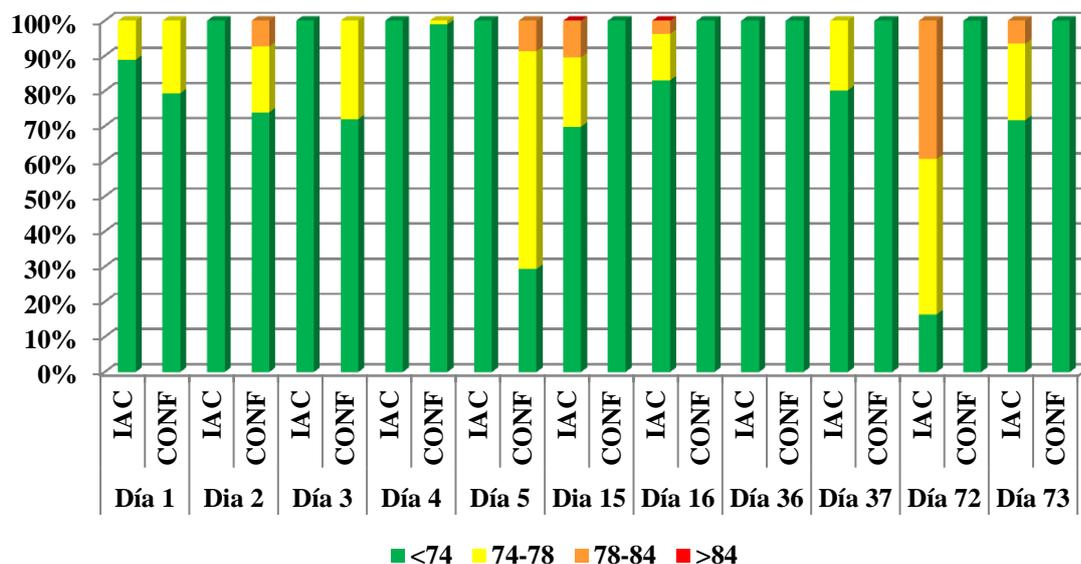


Gráfico 5: Porcentaje de tiempo que representó cada rango de ITH (normal <74, alerta 74-78, peligro 78-84 y emergencia >84) durante los días de muestreo en ambos sistemas productivos

En el presente trabajo no se presentó la condición de ITH emergencia (ITH>84) en ninguno de los dos sistemas durante los días de muestreo.

#### 4.2. Resultados Productivos

Durante el periodo de crecimiento los animales del sistema IAC presentaron un aumento de peso diario mayor ( $p$ -valor=0,0038) al de los animales del sistema CONF, siendo 0,89 kg/d y 0,81 kg/d, respectivamente. La mayor tasa de aumento de peso en IAC se mantuvo durante el periodo de terminación, presentando una diferencia ( $p$ -valor=0,0051) con respecto a los cerdos del CONF, 0,90 kg/d vs. 0,80 kg/d, respectivamente. Los machos analizados del IAC presentaron mayor peso vivo al final de cada etapa de alimentación: Crecimiento (día 37,  $p$ -valor=0,0011) y Terminación (día 73,  $p$ -valor<0,0001), en comparación con los machos evaluados en CONF (Tabla 3).

El consumo de alimento individual estimado en la etapa de crecimiento no presentó diferencias entre tratamientos ( $p$ -valor=0,3139). En dicha etapa, los sistemas mostraron una tendencia hacia la diferenciación ( $p$ -valor=0,10) en la eficiencia de conversión de alimento en kg de PV, presentando mejor eficiencia el sistema IAC. Durante la terminación, los cerdos del sistema CONF presentaron un menor consumo de alimento balanceado ( $p$ -valor=0,0197) que aquellos alojados a campo. No obstante, no se observaron diferencias ( $p$ -valor=0,1808) entre sistemas en cuanto a la eficiencia de conversión alimenticia.

La eficiencia de conversión alimenticia global (crecimiento y terminación) para el sistema CONF e IAC fue de 3,39 y de 3,36, respectivamente.

El análisis del porcentaje de mortandad no demostró diferencias entre tratamientos ( $p$ -valor>0,1), siendo la media durante la etapa de crecimiento y de terminación, 5,55 % y 1 % en IAC y 1,85 % y 6 % en CONF, respectivamente. Posiblemente el tamaño muestral utilizado en el presente estudio no permitió observar diferencias significativas para esta variable.

Tabla 3: Valores medios, error estándar (E.E.) y p-valor del modelo para peso vivo promedio (kg) en los diferentes días del ensayo (1, 37 y 73 d), ganancia media diaria de peso (kg/d) de los machos individualizados por tratamiento (CONF e IAC), consumo de alimento individual total (CA, kg) y eficiencia de conversión alimenticia media (EC, kg de alimento/kg de ganancia de peso) por tratamiento en las etapas de Crecimiento y Terminación.

Variable	Tratamiento		E.E	p-valor
	CONF	IAC		
<i>Peso vivo (kg)</i>				
Día 1	32,20	33,07	1,55	0,8563
Día 37	61,88	65,01	0,74	0,0011
Día 73	90,43	97,08	1,20	< 0,0001
<i>Etapa Crecimiento</i>				
GMD (kg/d)	0,81	0,89	0,02	0,0038
CA (kg)	84,52	83,34	0,62	0,3139
EC	3,23	2,77	0,11	0,1000
<i>Etapa Terminación</i>				
GMD (kg/d)	0,80	0,90	0,03	0,0051
CA (kg)	96,78	117,40	2,08	0,0197
EC	3,59	3,69	0,04	0,1808

#### 4.3. Resultados Fisiológicos

Con respecto a los indicadores fisiológicos relativos al bienestar animal, pudo observarse que el primer día del ensayo los cerdos del tratamiento CONF presentaron valores séricos superiores de proteínas totales, urea, glucosa y actividad CK que aquellos del IAC (Gráfico 6 y Gráfico 7).

La concentración de proteínas totales mostró una interacción de los efectos en estudio (Sistema\*Día, p-valor<0,0001). De este modo, la concentración de PT cambió con los días, en ambos tratamientos, aunque sus valores siempre fueron mayores en el sistema CONF (Gráfico 6 A). Por su parte, el hematocrito cambió en función del Día (p-valor<0,0001), mientras que el sistema CONF presentó una tendencia (p-valor=0,0591) a situarse por debajo de IAC. El sistema CONF llegó a sus valores mínimos de H durante los días 3 y 5, 34,45 % y 32,74 %, respectivamente (Gráfico 6 B). La concentración de urea respondió a un efecto de interacción entre los dos factores en estudio (p-valor<0,0001). Si bien los animales del sistema CONF presentaron mayores valores de urea en sangre en el día 1 que aquellos del sistema IAC, dichos valores se invirtieron e igualaron a lo largo del ensayo (Gráfico 6 C).

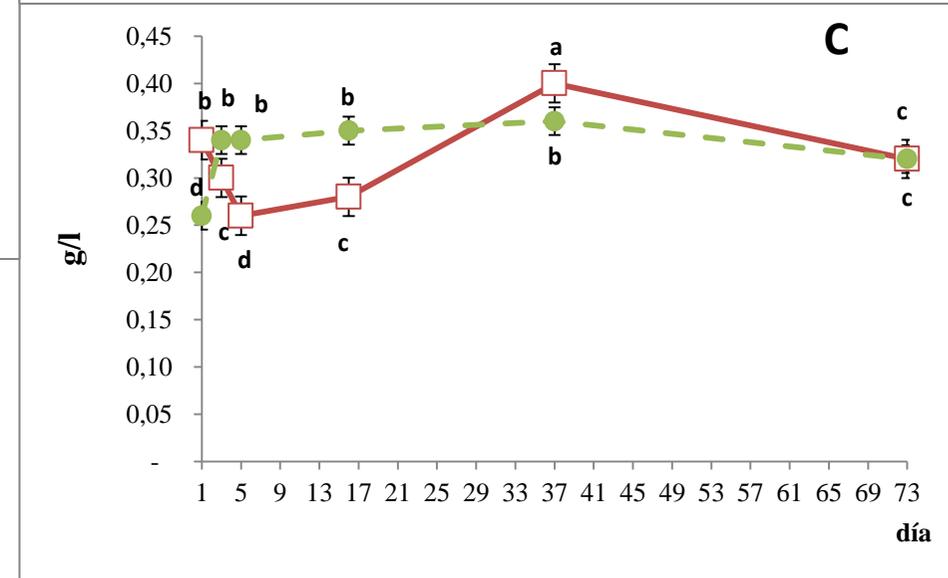
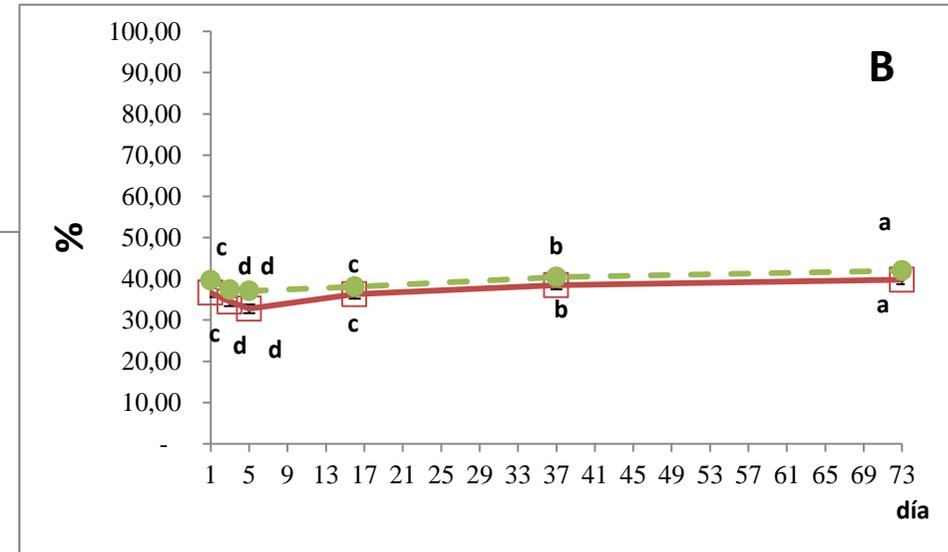
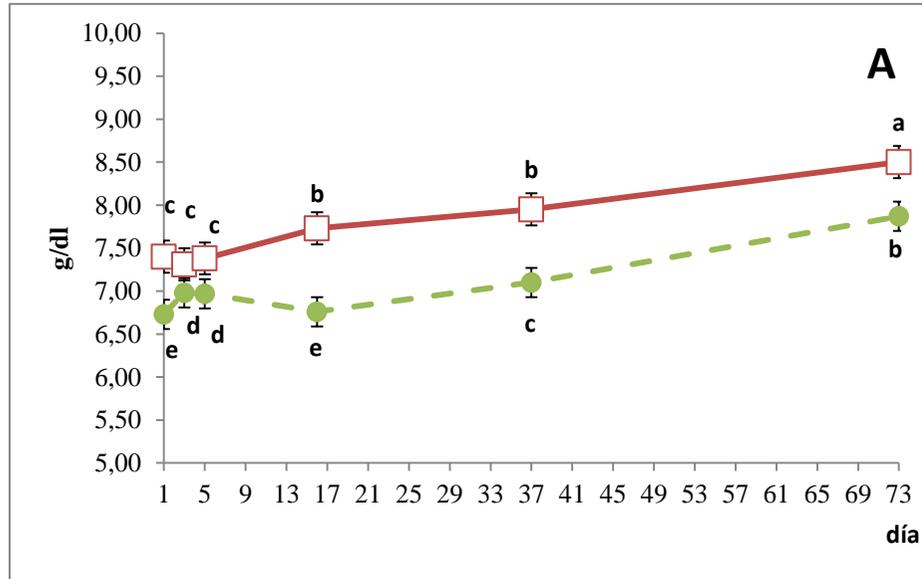
Con respecto a los niveles de glucosa en sangre, los mayores valores fueron observados en el sistema CONF durante los días 1 y 3 (117,48 mg/dl y 112,20 mg/dl, respectivamente). El sistema IAC mostró su mayor concentración de glucosa el día 5 del ensayo (104,71 mg/dl) (Gráfico 7 A). Durante el resto de los días, se observó una mayor concentración de glucosa en CONF, mostrándose una interacción Sistema\*Día (p-valor<0,0001).

La actividad de la enzima creatinquinasa sólo mostró efecto del Día (p-valor<0,0114). Los máximos valores de actividad CK se presentaron los días 1, 16 y 37 (Gráfico 7 B).

Con respecto a los niveles de concentración de cortisol, se encontró efecto de la interacción Sistema\*Día (p-valor<0,0001). Dicho efecto se presentó sólo en los días 5 y 37 (Gráfico 7 C), en los cuales los animales del sistema CONF presentaron una menor (p-valor<0,0001) concentración de cortisol circulante en comparación a los animales del sistema IAC. El resto de los días no hubo diferencias entre sistemas en relación a la concentración de la hormona.

Los resultados de la concentración sérica de proteína C-Reactiva (Gráfico 7 D) demostraron una interacción Sistema\*Día (p-valor=0,0073). La concentración media se encontró dentro de rangos normales para la especie, dado que fue de 7,63 mg/l  $\pm$  1,20 E.E. y 9,35 mg/l  $\pm$  1,10 E.E. para CONF e IAC, respectivamente. El perfil PCR de los animales del sistema IAC mostró un incremento en su concentración los días 3 y 5, representando los niveles máximos de todo el ensayo (12,30 y 13,20 mg/l, respectivamente). El día 73, los animales del sistema CONF mostraron su máximo valor de concentración de PCR (10,96 mg/l).

El análisis de componentes principales (ACP) demostró que, durante el día 1, los animales del sistema CONF se relacionaron de manera positiva con las variables glucosa, cortisol, urea, proteínas totales y actividad CK. Los valores de PCR y hematocrito no mostraron dicha relación. Como se observa en el Gráfico 8, en el día 1, los animales del sistema IAC se encontraron localizados en el cuadrante II y III, mientras que los del sistema CONF se ubicaron en el cuadrante I y IV. De esta manera, se pueden diferenciar dos grupos claramente distanciados.



**Gráfico 6:** Evolución de la concentración de proteínas totales (A), hematocrito (B), concentración de urea (C) por tratamiento a lo largo de los días. Se muestran las medias ajustadas de CONF (—□—) e IAC (—●—) y Error Estándar. Distintas letras minúsculas indican diferencias ( $\alpha=0,05$ ) entre días y tratamientos.

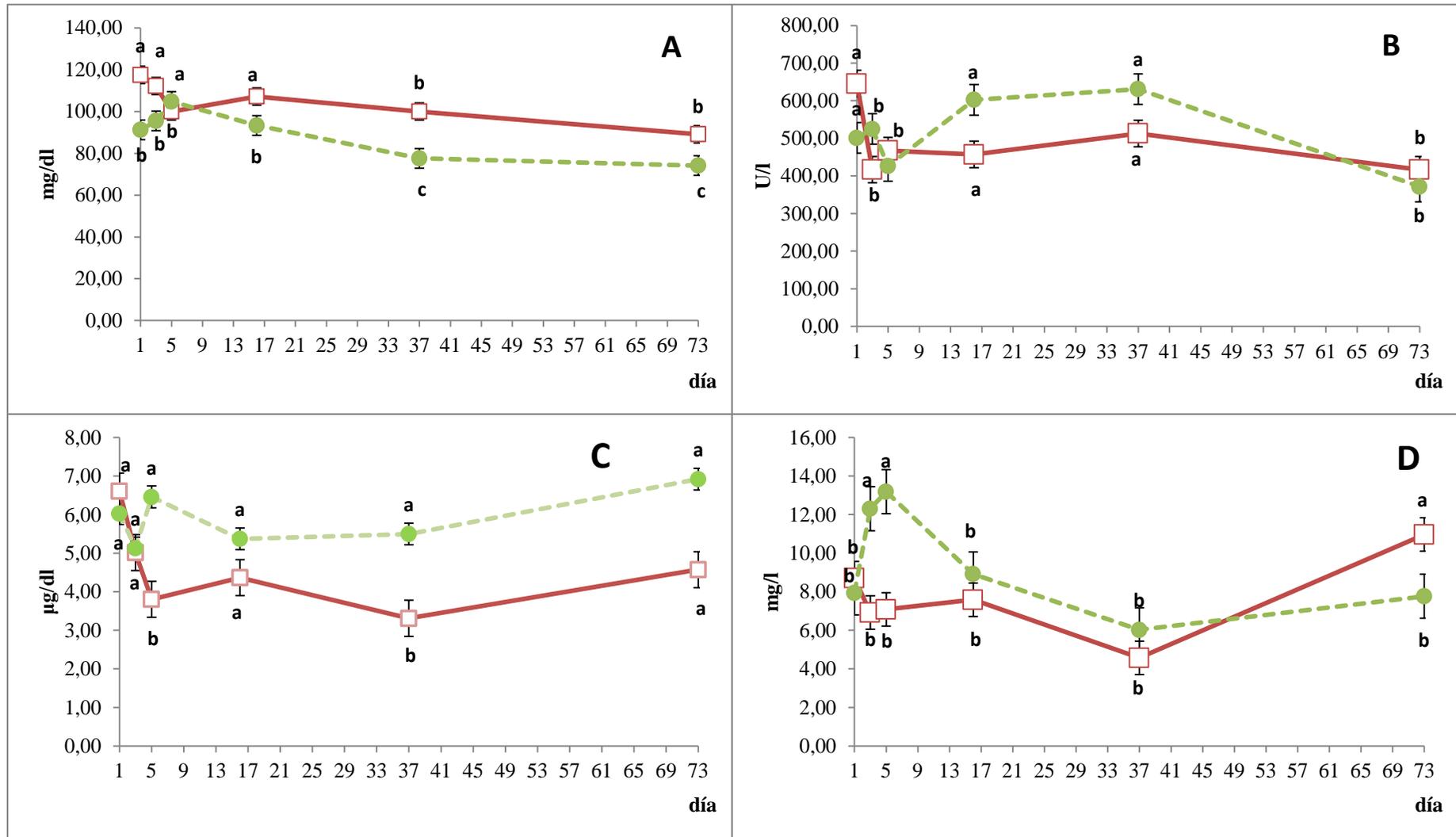


Gráfico 7: Evolución de la concentración de glucosa (A), actividad enzima creatinquinasa (B), concentración de cortisol (C) y concentración de proteína C-Reactiva (D) por tratamiento a lo largo de los días. Se muestran las medias ajustadas de CONF (☐) e IAC (-●-) y el Error Estándar. Distintas letras minúsculas indican diferencias ( $\alpha=0,05$ ) entre días y tratamientos.

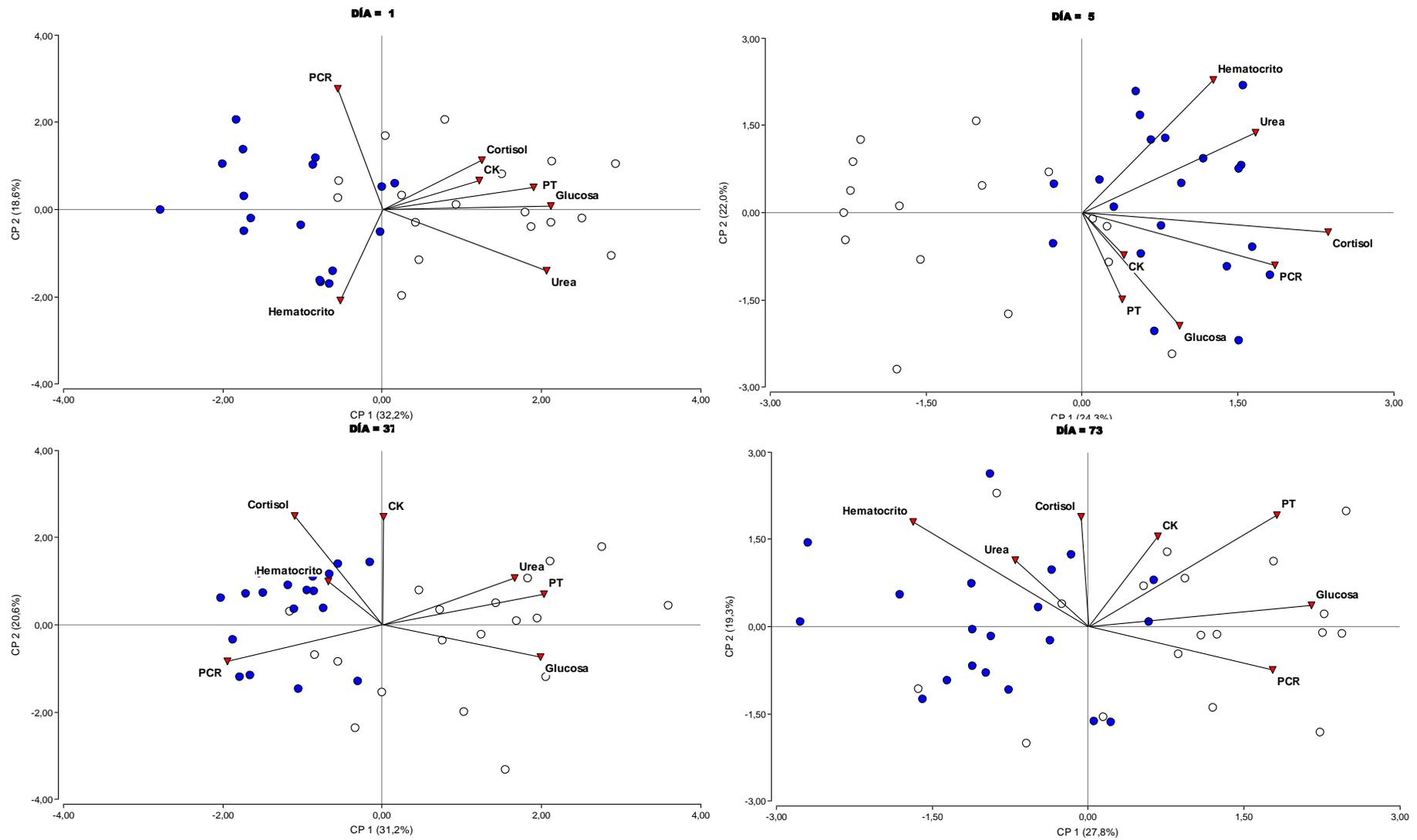
Durante el día 3, aunque no fue posible realizar una clara diferenciación de grupos –como sí ocurrió el día 1-, se encontró que una mayor cantidad de animales del sistema IAC se relacionaron con las variables urea, actividad creatinquinasa, hematocrito y PCR. En el día 5, pudo diferenciarse los animales de ambos sistemas. No obstante, a diferencia de lo observado el día 1, el comportamiento de las variables se revirtió. En este sentido, se halló una fuerte relación entre los animales del sistema IAC y todas las variables estudiadas.

Desde el día 16 en adelante, los animales del sistema CONF siempre se relacionaron con una mayor concentración de glucosa y de proteínas totales, mientras que el resto de los metabolitos presentaron un comportamiento variable. El día 16, PCR prácticamente no aportó a la formación del componente principal 1 (CP 1), pero sí en la conformación del CP 2. Similar situación se presentó el día 37 con la enzima CK, variable que no permitió diferenciar sistemas sobre el CP 1. El día 73, la variable cortisol perdió importancia como variable de confianza para diferenciar los grupos, pero PCR se relacionó positivamente con los animales del sistema CONF.

Resumiendo, los resultados obtenidos de los ACP realizados, se puede decir que, para todas las fechas de muestreo, el CP 1 junto con el CP 2 lograron explicar entre el 46-57% de la variabilidad total de la información. Los autovectores pueden ser interpretados como el coeficiente o el peso de la variable sobre la conformación de cada componente principal (Tabla 4). En la Tabla 4 se observa que la variable glucosa fue la de mayor importancia en la conformación del CP 1, en la mayoría de los días, seguida por proteínas totales y PCR que aportaron a la construcción de dicho eje, pero en menor medida.

**Tabla 4: Autovectores por variable y por día de muestreo, correspondientes al ACP.**

Variables	Día 1		Día 3		Día 5		Día 16		Día 37		Día 73	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
Glucosa	0,53	0,02	0,46	0,32	0,25	-0,51	-0,47	-0,19	0,49	-0,18	0,56	0,09
Proteínas Totales	0,47	0,12	0,44	-0,30	0,10	-0,39	-0,41	-0,16	0,50	0,18	0,47	0,50
Hematocrito	-0,13	-0,52	-0,46	-0,34	0,33	0,60	0,49	-0,05	-0,17	0,25	-0,44	0,47
Urea	0,52	-0,35	-0,33	0,45	0,44	0,36	0,43	-0,37	0,41	0,27	-0,18	0,29
Cortisol	0,31	0,28	0,17	-0,42	0,62	-0,09	0,34	0,43	-0,27	0,62	-0,02	0,49
CK	0,30	0,17	-0,33	0,35	0,10	-0,19	0,27	-0,47	0,003	0,61	0,17	0,40
PCR	-0,14	0,69	-0,37	-0,44	0,49	-0,24	0,02	0,62	-0,48	-0,21	0,46	-0,19



**Gráfico 8:** Análisis de Componentes Principales para los días 1, 5, 37 y 73 del ensayo. Los puntos representan individuos del CONF (○) e IAC (●). Se grafican también las variables fisiológicas (▼) en relación al CP1 y CP2

#### 4.4. Resultados Comportamentales

En el Gráfico 9 se presenta el análisis de correspondencias para la frecuencia de aparición de los comportamientos evaluados a nivel grupal durante el día 1. Durante este día, sólo se realizaron las mediciones en las sesiones del mediodía y de la tarde. Cabe destacar que, en los demás días del ensayo, los comportamientos fueron evaluados durante todas las sesiones previstas: mañana, mediodía y tarde. El día 1, se observó una asociación de los comportamientos estacionarios o pasivos -Acostado y Parado- con ambos sistemas durante la sesión del mediodía. Asimismo, en el transcurso de la sesión del mediodía, el sistema CONF presentó una mayor frecuencia de Estereotipias y de *bellynosing*. En la sesión de la tarde del día 1, los animales presentaron mayor actividad en ambos alojamientos. También se observó una mayor aparición de peleas -en comedero, bebedero o en otros lugares del corral- dentro del sistema CONF, mientras que en el sistema IAC fue mayor la aparición de comportamientos de Exploración y de Pastoreo.

Al analizar todas las sesiones fue posible diferenciar los sistemas en función de la presencia de comportamientos (Gráfico 10). De esta manera, el sistema CONF mostró una mayor asociación con los comportamientos agresivos: tales como peleas en comedero o en otro lugar; comportamientos de carácter social tales como: *bellynosing*, Jugar; Estereotipias y comportamientos estacionarios asociados a posturas: tales como Parado o Sentado. Durante la sesión del mediodía, se observó una mayor frecuencia del comportamiento de alimentación y exploración en el sistema CONF. No obstante, en el sistema IAC no fue posible diferenciar entre mediodía y tarde con estos mismos comportamientos. Sin embargo, los comportamientos de Comer y Explorar no permitieron diferenciar sistemas.

Por otra parte, los animales en el sistema IAC mostraron una asociación con el comportamiento Acostado durante la mañana y el mediodía, mientras que por la tarde estos animales presentaron mayor frecuencia de comportamientos de Locomoción, Beber y Pastoreo.

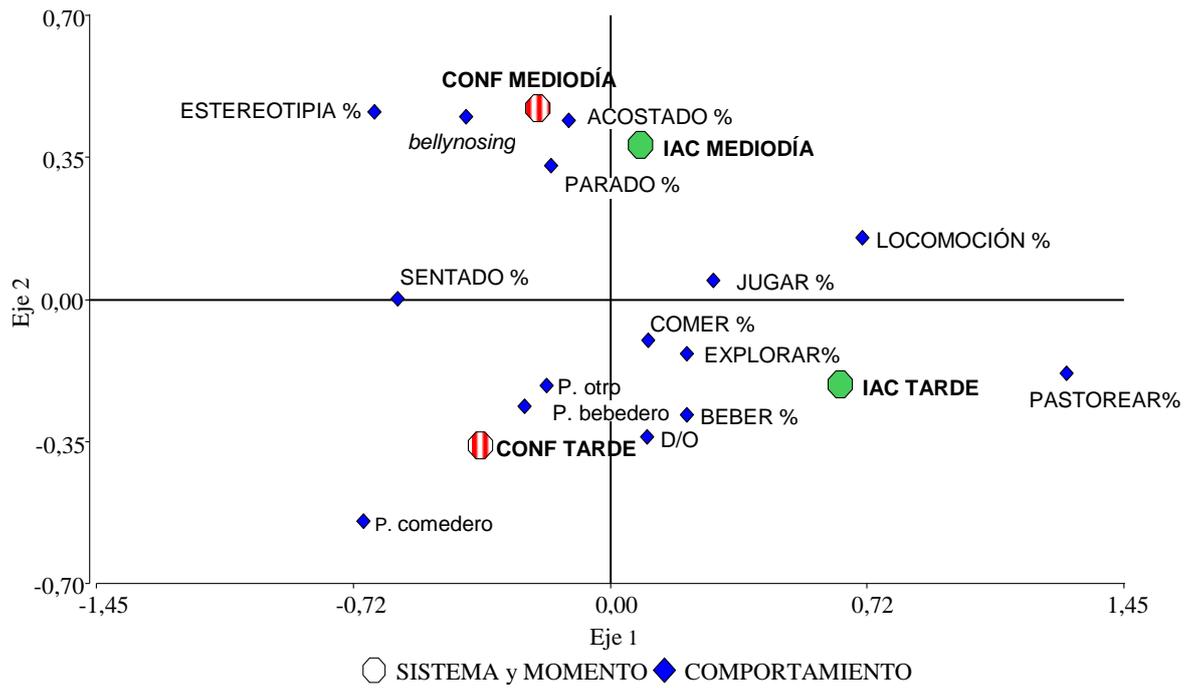


Gráfico 9: Análisis de correspondencias múltiples para frecuencia de estados comportamentales y eventos: pelear (P.) en comedero, bebedero u otro lugar, defecar u orinar (D/O), en el primer día del ensayo, para ambos sistemas IAC (hexágono relleno solido) y CONF (hexágono rayado) y dos momentos del día (Mediodía y Tarde).

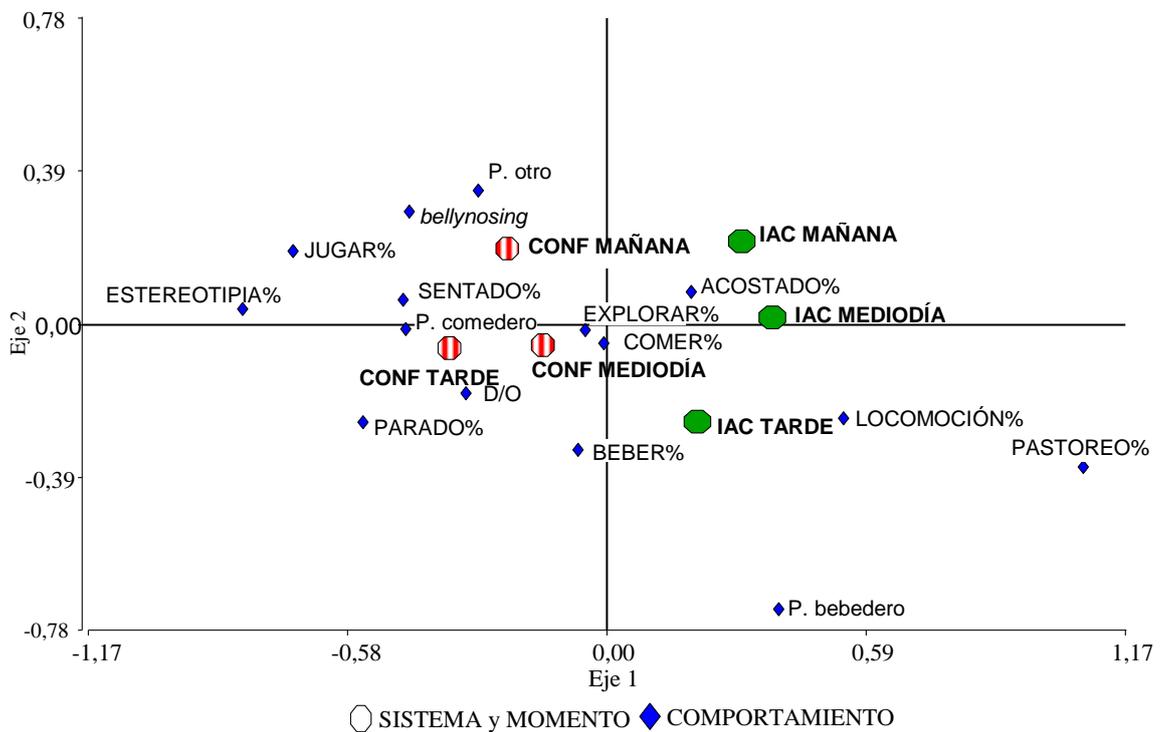


Gráfico 10: Análisis de correspondencias múltiples para frecuencia de estados comportamentales y eventos: pelear (P.) en comedero, bebedero u otro lugar, defecar u orinar (D/O) (desde el día 2 al 72 del ensayo), para ambos sistemas, IAC (hexágono relleno solido) y CONF (hexágono rayado) y tres momentos del día (Mañana, Mediodía y Tarde).

El análisis focal de comportamiento permitió realizar una descripción más específica de la frecuencia de aparición de las pautas evaluadas en cada uno de los sistemas y días de observación. En el transcurso del día 1, en el sistema IAC no se observó el comportamiento de permanecer Sentado, mientras que en el sistema CONF sí se observó y el porcentaje medio fue del  $2 \% \pm 1,00$  E.E. Por este motivo, el día 1 no fue considerado en el análisis comparativo entre sistemas para el comportamiento Sentado (Tabla 5). Del análisis estadístico puede observarse que la interacción Sistema\*Día mostró una tendencia ( $p$ -valor=0,07) sobre el comportamiento Sentado, mientras que se encontró efecto del Día ( $p$ -valor=0,0077). De esta forma fue mayor la frecuencia del comportamiento al final del periodo de engorde. CONF mostró mayores valores absolutos los días 2 y 72.

El comportamiento Parado se presentó en pocas ocasiones en ambos sistemas. Este comportamiento fue observado –una pequeña fracción de tiempo– sólo los días 1, 2 y 4 en el sistema IAC, mientras que en el sistema CONF se observó los días 1, 2, 4 y 15. Por este motivo las comparaciones para este comportamiento se realizaron sólo para los días 1, 2 y 4 del ensayo. No se encontró efecto de la interacción Sistema\*Día ( $p$ -valor=0,1793), Sistema ( $p$ -valor=0,8591) o Día ( $p$ -valor=0,3689). La media del comportamiento Parado de los 3 días fue de 0,40 % y 0,50 % para IAC y CONF, respectivamente.

Las Estereotipias sólo se observaron en el sistema CONF. Al analizar la evolución del comportamiento por día se observó una tendencia ( $p$ -valor=0,0747) que permitió diferenciar a los días 1 y 4 como los días de menor aparición de este comportamiento respecto al resto de los días, donde Estereotipias fue constante con una media de 1,20 %.

En relación al comportamiento Jugar, se observó que los animales del sistema IAC sólo lo presentaron los días 1 y 2, mientras que los del sistema CONF lo presentaron durante todo el ensayo. Por lo tanto, la comparación entre sistemas se realizó solo para los dos primeros días. No se encontró efecto de la interacción Sistema\*Día ( $p$ -valor>0,1), Sistema ( $p$ -valor>0,1) o Día ( $p$ -valor>0,1) sobre el comportamiento Jugar, en los días mencionados. La media del comportamiento Jugar para los dos primeros días del ensayo fue  $0,14 \% \pm 0,09$  E.E. en CONF y  $0,06 \% \pm 0,04$  E.E. en IAC. Dentro del sistema CONF, el comportamiento modificó su manifestación en función del Día ( $p$ -valor=0,0001) (Tabla 6).

Por otra parte, se observó que en ambos tratamientos los animales dedicaron la mayor proporción del tiempo a los siguientes comportamientos: Comer, Beber, Explorar, Acostado y Pastorear –comportamiento exclusivo del sistema IAC- (Tabla 7).

En relación a los comportamientos registrados como eventos, no se encontró efecto ni del sistema de alojamiento ni de los días de observación sobre la pauta de *bellynosing* (p-valor>0,1). Este fue un comportamiento que se presentó en muy baja frecuencia -menos de 1 vez en promedio por día- en ambos sistemas. No obstante, los demás eventos, tales como peleas y las pautas de Orinar y/o Defecar, se registraron en mayor proporción en ambos sistemas. En este sentido, se encontró efecto de la interacción Sistema\*Día (p-valor=0,0012) sobre la cantidad de peleas. En relación a la evolución de la media de peleas de los animales focales por día y por sistema, se observó que el sistema CONF presentó mayor cantidad de agresiones los primeros días del ensayo –día 1, 2 y 15- (Gráfico 11) y luego disminuyó asemejándose con el sistema IAC. En cambio, en el sistema IAC la cantidad de peleas registradas por animal se mantuvo constante a lo largo del ensayo.

Los eventos de Orinar y Defecar sólo mostraron efecto del Día de muestreo (p-valor=0,0368) dentro del sistema CONF (Tabla 8).

Tabla 5: Porcentaje del tiempo destinado al comportamiento Sentado por día y sistema.

Día	CONF		IAC	
	Media (%)	E.E.	Media (%)	E.E.
1	2,00	0,04	-	-
2	2,86 b	0,04	0,09 b	0,04
4	1,43 b	0,09	0,09 b	0,09
15	0,49 b	0,09	0,04 b	0,09
36	0,81 b	0,09	0,49 b	0,09
72	3,57 a	0,16	0,64 a	0,16
<i>p-valor</i>				
Sistema	0,1027			
Día	0,0077			
Interacción	0,0707			

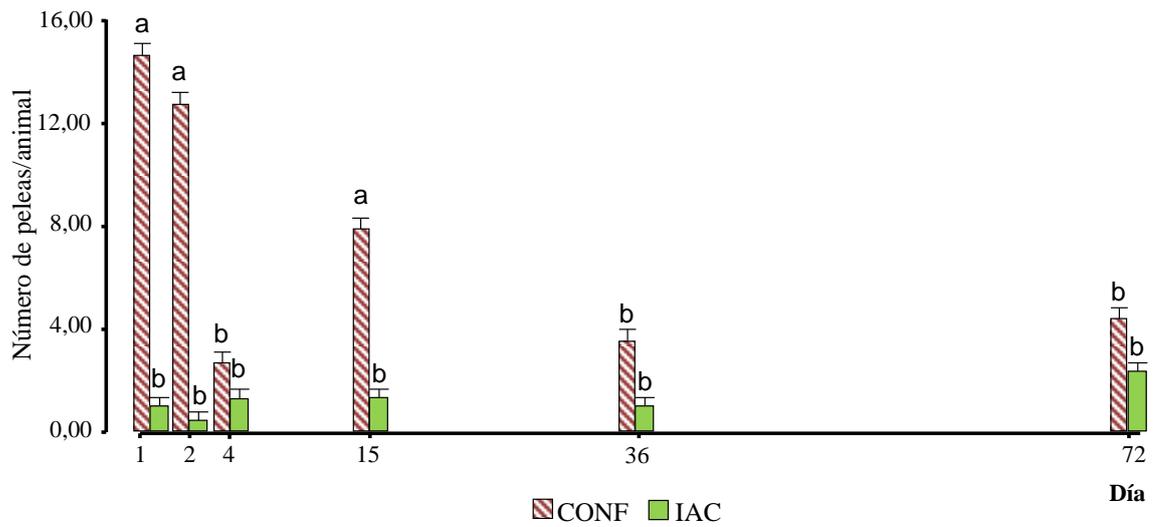
Tabla 6: Porcentaje del tiempo destinado al comportamiento Jugar por día y sistema.

Día	CONF		IAC	
	Media (%)	E.E.	Media (%)	E.E.
1	0,07 b	0,04	0,04	0,04
2	0,25 b	0,09	0,09	0,04
4	1,70 a	0,04	-	-
15	0,64 b	0,09	-	-
36	0,04 b	0,04	-	-
72	0,09 b	0,04	-	-
<i>p-valor</i>				
Día	0,0001			

Tabla 7: Porcentaje del tiempo destinado a los comportamientos evaluados en los animales focales en ambos sistemas CONF e IAC durante los 6 días de muestreo.

Día	Explorar		Acostado		Locomoción		Comer		Beber		Pastoreo	
	CONF	IAC	CONF	IAC	CONF	IAC	CONF	IAC	CONF	IAC	CONF	IAC
1	14,17 b	20,67 a	56,67 b	41,17 c	2,33 a	2,83 a	18,83 a	12,67 a	3,50 a	3,67 a	-	18,00 a
2	16,00 b	16,17 b	49,17 b	52,17 b	1,00 b	1,00 b	23,67 a	13,83 a	3,50 a	1,50 b	-	15,00 a
4	16,83 b	12,67 b	53,67 b	66,17 b	0,83 b	0,67 b	20,50 a	12,83 a	2,33 b	1,00 b	-	6,00 b
15	24,67 a	14,83 b	53,17 b	63,00 b	0,83 b	1,83 b	14,67 a	11,83 a	0,67 b	3,67 a	-	4,00 c
36	17,67 b	15,67 b	56,50 b	58,33 b	1,33 b	2,67 b	14,17 a	12,67 a	5,17 a	1,50 b	-	8,00 b
72	18,33 b	3,17 c	64,67 b	89,17 a	0,67 b	1,17 b	8,17 b	3,17 b	2,33 b	1,33 b	-	1,00 d
<i>E.E.M<sup>1</sup></i>	2,41		4,32		0,44		2,65		0,66		1,5	
<i>p-valor<sup>2</sup></i>												
Sistema	0,1827		0,1913		0,4251		0,1192		0,3008			
Día	0,0012		<0,0001		<0,0001		0,0001		0,01		<0,0001	
Interacción	<0,0001		0,0007		0,2168		0,5616		0,0001			

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media. <sup>2</sup>p-valor: calculados sobre los valores transformados. <sup>3</sup> Distintas letras indican diferencias (p-valor<0,05) entre columnas y filas para una misma variable.



**Gráfico 11: Medias (ajustadas) de aparición de peleas y Error Estándar por día y por sistema de alojamiento.**

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p$ -valor $<0,05$ , para los valores ajustados) entre días y sistemas.

**Tabla 8: Número de aparición media de comportamiento Orinar/Defecar, por animal, tratamiento y por día.**

Día	CONF		IAC
1	3,13	b	1,9
2	4,58	a	1,69
4	4,28	a	2,5
15	4,67	a	1,19
36	1,35	b	0,88
72	2,62	b	1,9
<i>E.E.M</i> <sup>1</sup>	0,102		
<i>p</i> -valor			
Sistema	0,2571		
Día	0,0368		
Interacción	0,3989		

<sup>1</sup> *E.E.M*: Error Estándar de la Media. Distintas letras indican diferencias significativas ( $p$ -valor $<0,05$ ) entre días dentro del sistema CONF.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Evaluación Productiva de los Sistemas

#### 5.1.1. *Efecto de las condiciones ambientales*

Los resultados productivos obtenidos en los sistemas porcinos, especialmente en aquellos a campo son variables, dado que dependen de diferentes factores: climáticos, tipo de manejo, ambiente físico, material genético, orden social y competencia entre cerdos (Gentry *et al.*, 2002a; Hernández Castorena *et al.*, 2006; Lebret *et al.*, 2006). Cuando las condiciones ambientales en las que se encuentran los cerdos se vuelven estresantes, se ve afectado el desempeño productivo, medido a través del consumo de alimento, la tasa de ganancia de peso y la eficiencia de conversión (NRC, 1981). En este sentido, el estrés calórico es uno de los puntos que más afecta el nivel productivo de los cerdos. Existen cuatro factores que determinan su ocurrencia: temperatura ambiente, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento (Buffington *et al.*, 1981). El ITH combina sólo dos de los cuatro factores mencionados. Su uso se basa en el concepto de que el estrés calórico se acentúa cuando además de elevada Ta se presenta un alto porcentaje de humedad (Huynh *et al.*, 2005). Al utilizar este índice, resulta importante determinar el rango en el que se encuentra el valor, pudiendo así establecer si los animales se encuentran en condiciones de estrés calórico. Los cerdos comienzan a sufrir estrés térmico a partir de un ITH de valor 74. Cabe mencionar que este índice es muy utilizado en bovinos lecheros y su empleo en porcinos aún es limitado (Wegner *et al.*, 2016).

En el presente trabajo, las condiciones a las cuales estuvieron sujetos los animales durante la etapa de crecimiento y terminación se encontraron dentro del rango de confort, de acuerdo a los requerimientos térmicos de cada una de las etapas. Según el “Código práctico para el cuidado y manejo de los cerdos” (National Farm Animal Care Council, 2014) la Ta de confort es de 21 °C (16 °C-27 °C) para cerdos de 20-55 kg de PV. Una HR de 70 % se considera óptima para las categorías de crecimiento y terminación (Sampaio *et al.*, 2004). En la etapa de crecimiento, la Ta media fue 21,13 °C y la HR media 70,72 % para el sistema CONF, mientras que para IAC fue de 19 °C y 68,16 %, respectivamente. Las condiciones medias expresadas a través del ITH fueron 67,78 para CONF y 63,93 para IAC. Según estos registros las condiciones dentro del sistema CONF mostraron mayor estabilidad y se encontraron próximas a la Ta óptima para la categoría, a diferencia del sistema IAC. Sin embargo, las condiciones en ambos

sistemas pueden ser consideradas termoneutrales, por encontrarse dentro del rango propuesto para cerdos de esta categoría (Kiefer *et al.*, 2009).

Para animales en terminación, es decir mayores a 55 kg de PV, se recomienda una Ta óptima de 18 °C (10 °C-24 °C) (National Farm Animal Care Council, 2014). En el presente trabajo también se evaluaron las condiciones ambientales durante la etapa de terminación. No obstante, debido a problemas técnicos con el termohigrómetro se perdieron parte de los registros obtenidos en el sistema CONF. En el sistema IAC, las condiciones a las cuales estuvieron expuestos los animales -evaluadas mediante ITH- fueron más estresantes (ITH medio 69,32 e ITH máximo 85,62) que las de los animales del sistema CONF (ITH medio 66,62 e ITH máximo 81,29). Aunque los registros de temperatura ambiente media para ambos sistemas se encontraron dentro de los rangos recomendados.

Uno de los inconvenientes de utilizar el ITH -en lugar de usar el Índice Globo Negro y Humedad de Buffington *et al.* (1981)- es que el índice calculado dentro de un galpón de confinamiento o bajo sombra es semejante al obtenido bajo sol o al aire libre, dado que no se considera el efecto de la radiación sobre el animal (Sampaio *et al.*, 2004). De este modo, estos autores afirman que el ITH no es un índice aconsejable para zonas con alta tasa de radiación solar.

A modo de resumen, los animales en ambos sistemas se encontraron dentro de la zona de confort térmico durante la mayor parte del ensayo. Aunque durante la terminación, los animales del sistema intensivo a campo se vieron expuestos a condiciones ambientales de peligro y en pocas ocasiones alcanzaron la condición de emergencia. De esta forma, es de esperar que las condiciones ambientales en el sistema intensivo a campo presenten mayor variabilidad que las del sistema confinado.

### 5.1.2. *Desempeño productivo durante la etapa de Crecimiento*

El tipo de sistema productivo incide sobre el desempeño productivo de los cerdos. En el presente trabajo se relevaron distintos indicadores productivos en los sistemas estudiados, durante las etapas de crecimiento y terminación. En términos generales, pudo observarse que los animales ingresaron al ensayo con un peso semejante. Sin embargo, al culminar el periodo de engorde, los cerdos del sistema intensivo a campo alcanzaron un peso final superior, con un mayor consumo de alimento. Lebret *et al.* (2006) obtuvieron resultados similares al comparar el periodo

crecimiento-terminación de cerdos criados en un sistema al aire libre con un sistema confinado convencional.

En el presente trabajo, el mayor peso de los cerdos del sistema IAC al finalizar el engorde se debió a la mayor tasa de ganancia de peso que se manifestó en ellos desde la etapa de crecimiento. Por el contrario, Sulbaran *et al.* (2009) observaron que al finalizar la etapa de crecimiento (a los 46,00 kg de PV) no había diferencias en el peso final de los cerdos entre el sistema de alojamiento a campo y el de confinamiento, en un ensayo desarrollado en una zona tropical.

Como se mencionó anteriormente, las condiciones ambientales imperantes en los sistemas, fueron similares y termoneutrales durante la etapa de crecimiento. Este hecho posiblemente explica que el consumo en los dos tipos de alojamiento fuera estadísticamente similar. En este sentido, Tepper Riera (2006) también encontró similar consumo de alimento balanceado en el sistema a campo y el sistema confinado con piso *slat*, siendo 1,76 kg/d y 1,72 kg/d, respectivamente. Si bien estos resultados son inferiores a los encontrados en el presente trabajo (2,34 kg/d en CONF y 2,31 kg/d en IAC) lo ocurrido con el consumo es similar. Por otra parte, Hernández Castorena *et al.* (2006) observaron consumos similares (2,25 kg de alimento/d) a los reportados en el presente trabajo al estudiar el consumo de cerdos alojados en confinamiento con una carga animal similar a la aquí empleada. Lebret *et al.* (2014) tampoco encontraron diferencias en el consumo de alimento durante la etapa de crecimiento en animales de la raza Large White al comparar un sistema confinado con uno alternativo (cerdos con acceso a un espacio abierto con piso de cemento), siendo de 2,54 kg/d para el confinado y 2,60 kg/d para el alternativo.

Por otra parte, resulta importante mencionar la presencia del recurso forrajero (*Megathyrus maximus*) en el sistema IAC, al cual los cerdos tenían acceso libre. Cabe destacar que en este trabajo no se midió la cantidad de forraje consumida. Sin embargo, podría suponerse que parte del mayor incremento de peso en los animales del sistema IAC pudo deberse a dos motivos: al aprovechamiento del forraje y a la tendencia de ser más eficientes en el uso del alimento balanceado ocasionado por la presencia del forraje. Edwards (2003) reportó que cuando -durante la etapa de crecimiento- los cerdos disponen de alimento balanceado a voluntad y tienen acceso en simultáneo a una pastura, consumen forraje en una cantidad que no supera el 4 % de la ingesta de alimento total. Asimismo, el aporte de nutrientes por parte de esa pastura no supera el 5 % del total de nutrientes requeridos por un cerdo de alto potencial genético. Por su

parte, Blumetto Velazco *et al.* (2013) reportaron que el consumo de pastura representó un 7,50 % del total de MS consumida en las etapas de crecimiento y terminación. Por otra parte, Botermans *et al.* (2015) no llegaron a detectar diferencias significativas sobre el desempeño productivo entre cerdos con acceso a pastura y sin acceso a la misma. Sin embargo, los autores pudieron observar una tendencia a consumir menos concentrado cuando existe acceso a una pastura.

### 5.1.3. *Desempeño productivo durante la etapa de Terminación*

Con respecto al consumo de alimento, Tepper Riera (2006) reportó que los animales que se encontraban a campo o en un sistema de cama profunda, consumían más alimento que aquellos ubicados sistemas confinados. Según este autor el mayor consumo se debió al requerimiento energético superior que implica el ejercicio que se desarrolla cuando existe espacio disponible. También expresó que la disponibilidad de pastura en la etapa de terminación disminuyó debido a una degradación del piquete y por lo tanto la calidad del forraje también se redujo, lo que ocasionó un mayor consumo de alimento balanceado. En el mismo sentido, Sulbaran *et al.* (2009) encontraron un mayor consumo de alimento en el sistema a campo (2,43 kg/d) en comparación con los sistemas confinados (2,10 kg/d). En el presente estudio, el consumo -por animal y por día- observado presentó un comportamiento similar aunque con valores superiores a los trabajos citados, 3,26 kg/d en IAC y 2,68 kg/d en CONF. Cabe mencionar que a partir de septiembre-octubre, época en que se desarrolló la etapa de terminación, la producción de forraje aumenta producto del incremento térmico. Sin embargo, la disponibilidad de pastura disminuyó producto de dos motivos: degradación de la pastura -tal como lo mencionara Tepper Riera (2006)- y por un corte de limpieza realizado a principios de noviembre.

Al finalizar la etapa de terminación, los animales del sistema IAC lograron una mayor ganancia diaria y, por ende, mayores pesos finales que los animales del sistema confinado, hecho coincidente con lo reportado por Sulbaran *et al.* (2009). Estudios previos evaluaron el desempeño productivo y la calidad de carne de cerdos criados desde el destete (Gentry *et al.*, 2002a; Gentry *et al.*, 2002b) y desde los 30 kg de PV (Guy *et al.*, 2002a) en ambientes al aire libre y confinado. En todos los casos los autores reportaron que los cerdos que crecen y se terminan al aire libre culminan el período de engorde con mayor peso que los cerdos en confinamiento. Otros autores solo obtuvieron una tendencia estadística a favor de un mayor peso final de cerdos en sistemas al aire

libre (Yonezawa *et al.*, 2012). Gentry *et al.* (2002a) observaron, además, que los cerdos a campo alcanzaron una mayor ganancia diaria de peso que aquellos criados en condiciones de confinamiento, 910 g/d y 810 g/d respectivamente. Estos valores son coincidentes con los datos obtenidos en este trabajo. Resulta importante mencionar que estos autores realizaron la experiencia en distintas épocas (fría y cálida) del año, concluyendo que cuando la etapa de terminación se desarrolla en una época cálida -tal como ocurrió en el presente trabajo- los animales a campo obtienen mejor ganancia de peso que aquellos confinados, cuando éstos no presentan condiciones climáticas controladas. Cabe mencionar que en el presente trabajo los cerdos del sistema IAC no fueron sometidos a condiciones de estrés térmico constante, pese a que debieron afrontar días con mayores valores de ITH que el sistema CONF. Trabajos previos (Guy *et al.*, 2002a) han reportado menores índices productivos en animales bajo confinamiento como producto, en parte, de inferiores condiciones de salud respiratoria en comparación con cerdos criados al aire libre. Guy *et al.* (2002b) adjudicaron dichas diferencias a un mayor nivel de úlceras gástricas y daño pulmonar, principalmente como consecuencia de la neumonía enzoótica y de los niveles de polvo y/o amoníaco presentes en los galpones de engorde. En este sentido, elevados niveles de amoníaco impactan negativamente sobre la ganancia de peso como producto de un menor consumo de alimento balanceado (Gustin *et al.*, 1994). En el presente trabajo, si bien la salud respiratoria de los cerdos no fue evaluada directamente, la menor tasa de crecimiento obtenida en el sistema CONF podría ser una evidencia de ello.

En este trabajo no se obtuvieron diferencias entre sistemas en los valores de eficiencia de conversión alimenticia global ni por etapa. Estos resultados son coincidentes con los presentados por Sulbaran *et al.* (2009) y Tepper Riera (2006). Sin embargo, en la bibliografía consultada se hallaron valores de eficiencia de conversión – de 3,00 a 3,15- inferiores a los obtenidos en el presente trabajo de tesis. Por este motivo, se concluye que la mayor tasa de ganancia de peso presente en los animales al aire libre estuvo asociada al mayor consumo de alimento balanceado registrado. Strudsholm y Hermansen (2005), en su estudio concluyen en concordancia con Gentry *et al.* (2002a) y Blumetto Velazco *et al.* (2013), que animales a campo presentan menor desempeño productivo (menor eficiencia de conversión y menor ganancia de peso) en condiciones frías, debido a que requieren mayor cantidad de energía para asegurar la termorregulación.

## 5.2. Evolución de los Parámetros Fisiológicos de Estrés

El presente trabajo propone evaluar el estado de bienestar de los cerdos producidos bajos dos sistemas de alojamiento representativos de la región NOA del país. Para tal fin, se propone cuantificar la concentración de algunos parámetros fisiológicos, como así también evaluar su evolución a lo largo del engorde, a modo de poder cuantificar posibles situaciones de estrés crónico. En este sentido, Ladewing (2000) planteó que existía poco conocimiento acerca de cuáles eran los estresores que en una situación determinada –ej.: confinamiento a largo plazo- podían afectar al organismo y cómo lo harían. Actualmente, continúa siendo difícil abordar a un conocimiento acabado sobre estas cuestiones, dado que la respuesta por parte del animal puede involucrar un gran rango de indicadores (Broom, 2017). Por tal motivo, el análisis conjunto de variables fisiológicas y comportamentales puede llegar a aportar información novedosa relacionada al posible estrés crónico asociado a dichos sistemas productivos.

### 5.2.1. *Glucosa*

Al considerar la primera semana de ensayo, los animales confinados mostraron los valores más elevados de glucosa durante los primeros tres días del ensayo. Por su parte, los animales alojados a campo presentaron los valores más elevados hacia el final de la primera semana (día 5). Esto puede deberse, en parte, a un elevado grado de estrés (Bonelli y Schifferli, 2001), asociado al cambio de corral, al reagrupamiento y a una elevada cantidad de comportamientos agresivos surgida del establecimiento de nuevas jerarquías sociales (Fernandez *et al.*, 1994). Al respecto, Hernández Castorena *et al.* (2006) concluyeron que, independientemente del tamaño de grupo y del espacio disponible por animal, en los primeros días de la etapa de crecimiento se obtienen elevados valores de glucosa sanguínea, los cuales luego decrecen hacia el final de la etapa de terminación. Este comportamiento se observó en el presente trabajo tanto en los cerdos del sistema IAC como del sistema CONF, resultando coincidente con Gómez *et al.* (2002). Incluso, el hecho de no evidenciar incrementos de glucosa en sangre sobre el final del ensayo -especialmente en IAC donde se manifestó alto ITH- permite descartar un efecto de estrés calórico sobre la fisiología del animal. Estudios previos reportaron que durante una situación estrés calórico los niveles de glucosa en sangre pueden incrementarse (Pearce *et al.*, 2014), producto de un aumento de la

gluconeogénesis y glucogenólisis hepática (Baumgard y Rhoads, 2013) y, paradójicamente, de una mayor liberación de insulina (Ross *et al.*, 2015).

Por otra parte, durante casi todo el periodo de engorde (a excepción del día 5) se observó una mayor concentración de glucosa en el sistema CONF en comparación al sistema IAC, lo que resulta coincidente con lo reportado por Blumetto Velazco *et al.* (2013).

### 5.2.2. Urea

El patrón de evolución de concentración de urea fue variable, mostrando el sistema IAC el mínimo valor en el día 1, para después presentar valores superiores a los del sistema CONF la mayor parte del ensayo, y culminar el engorde con valores similares en ambos sistemas. Es posible que el incremento en la concentración de urea en los animales del sistema IAC los días 3 y 5 en comparación con el día 1, sea producto de peleas y del reagrupamiento. Esta situación puede ocasionar un cierto grado de restricción alimenticia en algunos animales ocasionado por problemas de establecimiento de jerarquías sociales. Se sabe que, frente a una situación de ayuno o de una baja ingesta proteica, la concentración de urea en sangre puede llegar a incrementarse en un periodo de 24 h como producto de un mayor grado de catabolismo proteico y utilización de aminoácidos para la vía gluconeogénica (Webel *et al.*, 1997; Toledo *et al.*, 2014). El análisis de componentes principales demostró que el día 5 las variables urea y cortisol se asociaron positivamente sobre el componente principal 1. En este sentido, se sabe que dicha hormona induce la proteólisis y lipólisis (Webel *et al.*, 1997; Knowles y Warriss, 2000; Brousset Hernandez-Jauregui *et al.*, 2005), siendo la urea el principal producto del catabolismo proteico (Toledo *et al.*, 2014).

En el trabajo publicado por Hernández Castorena *et al.* (2006), se reporta que la concentración de urea se presenta baja durante los primeros días de la etapa de crecimiento luego se incrementa y finalmente vuelve a disminuir al concluir la etapa de engorde. Estos hallazgos son coincidentes con lo observado en los animales del sistema IAC del presente trabajo. Este comportamiento podría explicarse considerando que, al avanzar el periodo de engorde los requerimientos proteicos y de aminoácidos disminuyen pero el consumo de materia seca no, lo cual genera mayor degradación de los aminoácidos excedentes. Dicha degradación incrementada conduciría, consecuentemente, a una mayor concentración de urea en sangre a través del tiempo. En este sentido, resulta interesante observar el ACP (Gráfico 8) para el día 73, en donde los

cerdos del sistema IAC -que para dicho día presentaban mayor peso y mayor consumo de alimento balanceado- mostraron una asociación con la variable urea, aunque no se presentaron diferencias entre tratamientos para dicho día (Gráfico 6 C). En el sistema CONF, si bien el comportamiento de urea fue variable, igualmente alcanzó su máximo valor al finalizar la etapa de crecimiento.

### 5.2.3. Hematocrito y proteínas totales

La regulación del volumen sanguíneo y de las variables hematológicas -nivel de hematocrito y proteínas sanguíneas- involucra mecanismos complejos y dinámicos. Esto se debe a que se encuentran asociados a diversas funciones fisiológicas necesarias para el mantenimiento de la temperatura corporal, concentración de los fluidos intersticiales, suministro de nutrientes y eliminación de desechos. Es por ello que ciertos cambios fisiológicos, como el crecimiento mismo o determinadas patologías, pueden influir en la regulación del volumen sanguíneo (Talbot, 1963) y consecuentemente, en las variables que de él dependen.

En los sistemas de alojamiento evaluados los valores de proteínas totales y hematocrito fueron aumentando a medida que avanzaba el periodo de engorde. Este hallazgo es un claro indicio de un proceso de hemoconcentración. En este sentido, una relación positiva entre el total de proteínas séricas y la edad de los cerdos ya ha sido documentada por Miller *et al.* (1961). Este proceso de hemoconcentración resulta como producto de una elevada tasa de metabolización asociada al mayor consumo diario de alimento y al elevado aumento de peso propio de animales en engorde (Chmielowieckorzeniowska *et al.*, 2012). Asimismo, a medida que los cerdos crecen también es factible observar un incremento en el nivel de hematocrito, lo cual se debe a la disminución de volumen plasmático producida durante el crecimiento y madurez del cerdo (Miller *et al.*, 1961b).

En el presente trabajo, el nivel de hematocrito y la concentración de proteínas totales se encontraron dentro de los rangos normales para la especie (Jackson y Cockcroft, 2002b), en ambos tratamientos. Si bien H no evidenció efecto del Sistema, el análisis estadístico permite concluir que hay una tendencia a diferenciarse. Los cerdos confinados mostraron valores de H inferiores a los criados a campo durante todo el ensayo, en especial los días 3 y 5, presentando un valor de 34,25 y 32,74 % respectivamente. Resulta interesante destacar que valores bajos de estas dos variables pueden llegar a evidenciar un posible estado de enfermedad metabólica (McGlone y

Pond, 2003). Niveles de proteínas totales inferiores a 6 g/dl y de hematocrito menores a 30 % son utilizados como un indicador de hipoproteinemia y anemia, respectivamente (Guimaraes *et al.*, 2007). Cabe mencionar que esta situación no fue observada en ninguno de los dos sistemas evaluados, por lo que se descarta la existencia de estos problemas durante el ensayo.

Se ha demostrado que situaciones estresantes pueden conducir a incrementos del nivel de hematocrito, acompañado o no del incremento en la concentración de proteínas totales, según el principal mecanismo involucrado. De este modo, el incremento de hematocrito puede deberse a la pérdida del contenido de agua corporal como producto de una situación estresante determinada y en ese caso irá acompañado de un incremento en la concentración de proteínas totales (Gregory, 1998; Averós *et al.*, 2009; Brandt y Aaslyng, 2015). Por otra parte, el incremento de hematocrito también puede atribuirse a la contracción esplénica inducida por la actividad del nervio simpático y/o el incremento en la circulación de catecolaminas liberadas por algún factor estresor (Zimmerman *et al.*, 2011).

En el presente trabajo, la concentración de proteínas totales se modificó con los días de muestreo, siendo siempre superior en los animales del sistema CONF. Coincidentemente, Abeni *et al.* (2015) reportaron que cerdos que permanecieron dentro de jaulas -animales con limitaciones de expresión de comportamiento- presentaron mayores niveles de proteínas plasmáticas en comparación con aquellos alojados en corrales. No obstante, estos autores también reportaron mayores valores de hematocrito, glóbulos rojos y hemoglobina en los cerdos mantenidos en jaula, en comparación con aquellos alojados en corrales. Este hecho difiere de los resultados obtenidos en el presente estudio. Algunos autores (Chmielowiec-korzeniowska *et al.*, 2012) han adjudicado bajos niveles de hematocrito y de concentración de hemoglobina a un proceso inflamatorio de carácter respiratorio, producido en los cerdos en terminación en sistema confinados a bajas temperaturas. Considerando que las granjas intensivas someten a los cerdos a atmósferas con acumulación de amoníaco (O'Connor *et al.*, 2010), hecho que predispone a problemas respiratorios, podría existir una asociación entre los menores valores ( $p < 0,0591$ ) de H reportados en el sistema CONF y las condiciones de contaminación atmosférica, conforme reportaron Chmielowiec-korzeniowska *et al.* (2012).

#### 5.2.4. Actividad de enzima creatinquinasa

Con respecto a la actividad de CK, no se encontraron diferencias entre tratamientos, posiblemente debido, en parte, a la gran variabilidad que muestra esta variable. Este hallazgo es coincidente con lo reportado por Marco-Ramell *et al.* (2011). Estos autores tampoco encontraron diferencias en la actividad CK al comparar dos densidades de alojamiento, dado que la variabilidad –representada a través de la desviación estándar- representó más del 50 % del valor de la media. En términos generales, los valores de CK obtenidos en el presente trabajo permiten inferir que las condiciones de alojamiento no generaron situaciones de estrés sobre los cerdos, como las que reportan trabajos enfocados en el estudio del estrés asociado al transporte de cerdos (Dalla Costa *et al.*, 2008; Averós *et al.*, 2009) con valores que superan ampliamente las 1100 U/l.

Con respecto a la evolución de la actividad CK en el periodo de estudio, pudo observarse que los mayores valores de actividad se obtuvieron los días 1, 16 y 37. En este sentido, se observó para los días 1 y 16 una cercanía en el espacio de los componentes principales entre la actividad CK y la concentración cortisol (Tabla 4). Durante el día 1, la actividad CK fue superior, posiblemente como producto del movimiento generado en los animales al ser trasladados desde el Sitio 2 al Sitio 3, donde se encontraban las instalaciones de manejo.

Por otra parte, resulta importante mencionar que creatinquinasa es una enzima muscular cuyo incremento no solo se asocia al nivel de daño muscular (Brancaccio *et al.*, 2007; Brandt y Aaslyng, 2015), sino que también se relaciona con la velocidad de crecimiento del musculo en los cerdos en engorde. Existe una relación positiva entre el incremento de la actividad CK y la alta tasa de ganancia de peso, especialmente en cerdos en terminación, dado que se encuentran al máximo de su capacidad de desarrollo muscular (Elbers *et al.*, 1992). En el presente trabajo, la elevada tasa de ganancia registrada en los cerdos del sistema IAC durante la etapa de crecimiento, podría explicar el incremento observado en la actividad CK del día 37 del ensayo.

#### 5.2.5. Concentración de cortisol

En el presente trabajo, los valores de concentración media de cortisol obtenidos (3,31-6,90 µg/dl) se encuentran entre los valores esperables para cerdos en crecimiento-terminación bajo condiciones de confort térmico (Fagundes *et al.*, 2008). En cuanto a la evolución de la concentración de dicha hormona, resultan llamativos los valores

obtenidos los días 5 y 37 en el sistema CONF, dado que no se esperaba este comportamiento, especialmente para el día 5 del ensayo.

Cabe mencionar que una de las hipótesis iniciales suponía que los cerdos confinados presentan mayores niveles de cortisol que aquellos del sistema IAC, especialmente durante los días 1, 3 y 5. La razón de dicha suposición radica en el posible estrés agudo producido por reagrupamiento y cambio de ambiente, como así también por el estrés que genera un sitio no enriquecido ambientalmente, como ocurre en un corral con piso enrejillado. En este sentido, en los últimos años, diversas investigaciones (Merlot *et al.*, 2010; Carreras *et al.*, 2016) han comparado situaciones productivamente contrastantes, en diferentes momentos, y encontraron que los cerdos bajo confinamiento presentan niveles de cortisol menores que cerdos en sistemas con enriquecimiento ambiental. Conjuntamente, los resultados obtenidos por los autores (Merlot *et al.*, 2010) fueron similares a los del presente trabajo, a iguales momentos de muestreo -final del engorde-. Asimismo, la elevada densidad de alojamiento tampoco se ha podido asociar a incrementos en la concentración de cortisol circulante en cerdos (Marco-Ramell *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos podrían ser explicados teniendo en cuenta algunos estudios (Miller *et al.*, 2007). Se ha observado que ante situaciones de estrés crónico la concentración de cortisol circulante puede disminuir, a diferencia de lo que se creía hasta hace 25 años atrás. Esto se debe a que, frente a una exposición prolongada a un mismo factor estresante -ej.: amoníaco atmosférico, ambiente sin enriquecimiento, etc.- se puede producir una disminución en la capacidad de respuesta e, incluso, una habituación del eje HHA al mismo estresor. En otras palabras, la activación sostenida del eje HHA durante un periodo de tiempo prolongado puede conducir a hipertrofia cortical e hiperplasia, como así también a una inhibición en la producción de cortisol mediante retroalimentación negativa (O'Connor *et al.*, 2010). Coincidentemente, Sutherland *et al.* (2006) encontraron, los días 7 y 14 del ensayo, que cerdos alojados en condiciones estresantes -expuestos a una combinación de estrés calórico y social- presentaban menores niveles plasmáticos de cortisol que el grupo control. Heo *et al.* (2005) habían arribado a conclusiones similares al observar una disminución en la concentración de cortisol en cerdos sometidos a estrés durante siete días, asociándolo a la habituación mencionada. Del mismo modo, Coutellier *et al.* (2007) han propuesto que una exposición prolongada y repetida al reagrupamiento y cambio de sitio, puede llegar a amortiguar la respuesta aguda del cortisol. Más aun, Merlot *et al.* (2004) han

observado que aquellos cerdos expuestos al reagrupamiento muestran menores niveles de la hormona en las 27 y 51 h posteriores al estrés, en comparación con aquellos que no fueron reagrupados.

En general, los cerdos que están alojados en galpones de engorde se encuentran sometidos a concentraciones elevadas de amoníaco atmosférico, si es que las instalaciones carecen del equipamiento necesario que asegure un ambiente adecuado. En este sentido, Von Borell *et al.* (2007) reportaron incrementos en los niveles de cortisol circulante en cerdos expuestos a diferentes niveles del gas (35 y 50 ppm de NH<sub>3</sub>) durante 19 d. En el presente trabajo, debido a la falta de equipamiento, no se evaluaron los niveles de contaminantes atmosféricos en la sala confinada. Sin embargo, se encontró una disminución en los niveles séricos de cortisol de los cerdos del sistema CONF. En esta línea, O'Connor *et al.* (2010) sometieron a los cerdos a niveles de amoníaco superiores a 20 ppm por periodos prolongados de tiempo (15 semanas, equivalente a situaciones comerciales típicas) y reportaron una disminución en los niveles de cortisol salival y un incremento en el tamaño de las cortezas adrenales, en comparación con cerdos control.

Por lo tanto, estos conceptos pueden explicar la situación observada en los animales alojados en CONF, cuyos niveles de cortisol se vieron disminuidos el día 5 y 36, por debajo de los valores iniciales. Al observar el sistema se vuelve dificultoso diferenciar un factor particular de estrés, pero es posible que la situación mencionada haya sido el resultado de la acción combinada de distintos estresores: contaminación ambiental, reagrupamiento, cambio de sitio y confinamiento.

Como se mencionó, la concentración de cortisol presenta efecto de la interacción Sistemas\*Día, pudiéndose diferenciar los sistemas los días 5 y 37. Otra causa de ello podría ser que el efecto estresante en estudio (sistemas de producción) no fue tan agudo como para afectar la respuesta fisiológica de los cerdos y generar un pico en la concentración. Tal como concluyen Carreras *et al.* (2017), donde no encontraron diferencias en las concentraciones séricas de cortisol, al someter a los cerdos a condiciones negativas de manejo.

Cabe destacar que Hernández Castorena *et al.* (2006), no encontraron cambios en la concentración del adrenocorticoide asociado al efecto estresor en estudio (tamaño de grupo y recarga de comederos). Los autores remarcan que la toma de la muestra de sangre ocurrió dos horas después de los enfrentamientos producidos en el comedero tras recibir alimentación. Prunier *et al.* (2004) y Hernández Castorena *et al.* (2006) indican

que la concentración de cortisol, alcanza su pico en sangre entre 30 a 60 minutos después de producido el efecto estresor (ej.: una castración quirúrgica). Luego la hormona retorna a los niveles basales dentro de las tres horas posteriores al trauma. Por lo tanto, estos resultados permiten descartar la idea de que los mayores valores de cortisol obtenidos en este trabajo –en especial dentro del sistema IAC- sean consecuencia del manejo de los cerdos en el momento del arreo y sangrado.

En recientes publicaciones (Broom, 2017) se afirma que frente a diferentes condiciones ambientales, que podrían ser entendidas como estresantes para algunos individuos, es factible no evidenciar cambios en las concentraciones de cortisol. Sin embargo, esto no significa que el cerdo no esté atravesando por una situación estresante. Ciertas situaciones de estrés agudo (ej.: destete (Kim *et al.*, 2011)) sí pueden elevar la concentración de la hormona, mientras que otras que significan problemas crónicos pueden manifestarse de otra manera, por ejemplo a través de comportamientos anormales.

#### 5.2.6. Concentración de proteína C-reactiva

Las proteínas de fase aguda (PCR, Hp y Pig-MAP) son utilizadas como marcadores generales e inespecíficos de enfermedades, es decir, se liberan en el organismo del cerdo en grandes cantidades luego de un proceso inflamatorio (Lampreave *et al.*, 1994; Salamano *et al.*, 2008). Bajo una situación de estrés también pueden emplearse como indicadores generales de falta de bienestar (Piñeiro *et al.*, 2013). Sin embargo, son pocos los trabajos que evalúan el efecto del sistema de alojamiento sobre las concentraciones séricas de PCR en porcinos.

En estudios previos, se ha demostrado que entre 24 a 48 h (Gutiérrez *et al.*, 2009) posteriores a un efecto estresor agudo, los niveles séricos de PCR pueden incrementarse entre 6 a 8 veces (Lampreave *et al.*, 1994). Sin embargo, en el presente trabajo se observó que la concentración media de esta proteína en los cerdos, de ambos sistemas, fue coincidente con los valores reportados por otros autores (Burger *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2009) en porcinos clínicamente normales. Por lo tanto, no existen evidencias para sospechar de la presencia de situaciones de estrés agudo -como las evaluadas en los trabajos citados- en ambos alojamientos.

Por otro lado, se observó que en los dos sistemas los cerdos parten de un nivel de PCR basal semejante pero que durante los días 3 y 5 los animales a campo presentan un pico de concentración. De acuerdo al análisis de componentes principales, se observa

que la variable PCR se asocia a la concentración de cortisol el día 5. Cabe mencionar que hay evidencias en lechones (Burger *et al.*, 1998) sobre la relación positiva entre hormonas adrenocorticales y PCR. En el ACP del día 5 se diferencian los individuos del IAC vs CONF, asociándose los primeros a las variables mencionadas. Esto podría indicar que en el IAC el efecto estresante del reagrupamiento se prolongó o se expresó recién en el día 5 del ensayo, producto del nuevo establecimiento de jerarquías sociales o bien que existió algún otro estresor que no fue identificado. Grellner *et al.* (2002), observaron un incremento en la concentración de PFA (Haptoglobina) luego de trasladar los animales del sitio 2 al 3, producto del estrés que genera el cambio de ambiente. Este cambio implica: mayor espacio por cerdo y disposición de agua y alimento en nuevas instalaciones. Posteriormente, en el presente trabajo, el patrón de PCR en IAC fue migrando al de cerdos con menor grado de estrés al transcurrir los días, lo cual podría indicar un proceso de adaptación al ambiente.

En el sistema confinado la concentración de PCR se mantuvo constante durante la mayor parte del ensayo. En investigaciones recientes (Marco-Ramell *et al.*, 2011), se evaluó el efecto de alta densidad de alojamiento sobre la concentración de diferentes PFA (Haptoglobina, PCR y Pig-MAP) pero sólo Pig-MAP permitió evidenciar dicho efecto. En el presente estudio, los valores de PCR no permitieron identificar algún efecto estresor en CONF durante la mayor parte del engorde, salvo al final. El día 73 del ensayo se visualizó un nivel superior de PCR en los cerdos confinados que permitió diferenciar los sistemas. Estos resultados fueron coincidentes con trabajos previos, donde animales en un sistema con piso de *slat* presentaron mayor concentración de PCR que en un sistema con cama de paja (Scott *et al.*, 2006).

Existen trabajos (Von Borell *et al.*, 2007) que reportan que la concentración de PFA se ve incrementada en situaciones de estrés crónico como la elevada concentración de amoníaco atmosférico (50 ppm NH<sub>3</sub>). Se cree que el NH<sub>3</sub> atmosférico es el causante de la liberación de citoquinas por parte de los macrófagos alveolares y neutrófilos, causando una potente respuesta inflamatoria. El amoníaco ambiental puede favorecer la contaminación bacteriana de los pulmones por una disminución del espacio pulmonar y por inflamación de la mucosa de las vías respiratoria. Incluso puede producirse una necrosis de los tejidos alveolares que llevan a un estrés respiratorio. Este estrés repercute no sólo sobre la liberación de PFA, sino también sobre el comportamiento y el desempeño productivo de los porcinos. En este sentido, se ha observado que no sólo animales con signos patológicos de neumonía enzoótica presentan mayores niveles de

Haptoglobina, sino que la menor superficie por animal favorece esta situación (Amory *et al.*, 2007). Es importante mencionar que al final del engorde no existen situaciones estresantes agudas a las cuales se les pueda adjudicar el incremento de las concentraciones de PCR.

### 5.3. Patrón de Comportamiento

Uno de los objetivos de este trabajo es describir el patrón comportamental de los cerdos alojados en dos sistemas productivos. Con ello se busca no solo complementar la información brindada por las variables fisiológicas sino también, establecer diferencias en el repertorio de comportamientos para que sirvan como criterio de alarma temprana. En este sentido, algunos autores afirman que cuando los cerdos se encuentran alojados en sistemas intensivos pueden estar sometidos a un ambiente “pobre”, el cual limita o modifica la aparición de conductas especie-específicas (Bolhuis *et al.*, 2006). Por este motivo, resulta imprescindible considerar el estudio del comportamiento en los porcinos. Si bien estos animales son capaces de adaptar su conducta en función del ambiente en el que viven (Kiefer *et al.*, 2009), existe un repertorio comportamental propio de la especie que se mantiene (Held *et al.*, 2009). Asimismo, la modificación del repertorio de comportamientos puede ser tomada como una falla adaptativa al ambiente o bien como síntomas de enfermedades o lesiones (Matthews *et al.*, 2016).

En primera instancia, en el presente trabajo se observó que los cerdos modificaron el patrón de comportamiento en función del momento del día. Dentro de los dos sistemas evaluados, durante la tarde (16:00 h-18:00 h), los cerdos mostraron mayor cantidad de actividades relacionadas al mantenimiento (pastorear, beber, comer, explorar, defecar/orinar), mayor cantidad de peleas y menor número de comportamientos pasivos (acostado, sentado). Esta situación era esperable, dado que bajo condiciones silvestres los cerdos tienen dos momentos de marcada actividad: durante la mañana y la tarde, mientras que durante el mediodía y la noche muestran un periodo de inactividad (D'Eath y Turner, 2009). En este sentido, Blumetto Velazco *et al.* (2013) obtuvieron similares resultados para los animales alojados en el sistema a campo, mientras que en el sistema confinado la proporción de comportamientos no permitió diferenciar los distintos momentos del día. En el presente trabajo, los animales del sistema confinado presentaron una asociación con el estado sentado, sin importar el momento del día en que se observaran.

El patrón de comportamiento también se modificó en función de la edad de los animales, en otras palabras, a medida que el periodo de engorde avanzaba los cerdos destinaban mayor parte del tiempo a comportamientos pasivos. En este sentido, hay evidencia de que a medida que los cerdos crecen -en especial cuando se encuentran en condiciones confinadas- permanecen más tiempo durmiendo o recostados y menos tiempo activos (Høøk Presto *et al.*, 2008), como consecuencia de la falta de interés por la actividad, propia de animales adultos. Sin embargo, otros autores (Casal-Plana *et al.*, 2017) no han observado efecto de la edad sobre el patrón de comportamiento.

El proceso de reagrupamiento de animales -característico en todo sistema de producción- es considerado uno de los más críticos para evaluar el estado bienestar. En el presente trabajo, se evidenció una elevada cantidad de comportamientos activos, en ambos sistemas, durante el día del reagrupamiento. Una de las hipótesis preliminares del presente trabajo era que el sistema confinado afectaría negativamente el bienestar de los cerdos, lo cual podría verse reflejado en una mayor aparición de comportamientos agonísticos. Diversos autores (Hughes y Duncan, 1988; D'Eath y Turner, 2009) mencionan que la presencia de un ambiente empobrecido o sin enriquecimiento (cama de paja, pastura, entre otros) predispone a la aparición de comportamientos indeseados. Tal como se esperaba, la frecuencia de aparición de comportamientos agonísticos y estereotipias fue mayor en el sistema CONF. Por su parte, la cantidad de agresiones en el sistema IAC se mantuvo constante a lo largo de todo el periodo de engorde. El sistema CONF se caracterizó -durante las primeras 48 h post-reagrupamiento- por presentar una elevada cantidad de comportamientos negativos -agresiones-, que disminuyeron al cuarto día. Coincidentemente, el día 4 en CONF aumentó la frecuencia de interacciones sociales positivas como jugar. Las agresiones ocurridas durante las 24 h posteriores a un reagrupamiento son consideradas adversas por sus repercusiones sobre el bienestar animal y los índices económicos (Turner *et al.*, 2017). En el presente trabajo, resulta llamativo que la manifestación de peleas post-reagrupamiento no se haya reflejado directa y claramente sobre las variables fisiológicas de los animales, donde sólo se pudo evidenciar un incremento en la concentración de glucosa y una disminución en la de cortisol para dicho periodo.

De acuerdo a las observaciones realizadas, la mayor cantidad de peleas -en especial en el sistema CONF- se registraron en la cercanía de los comederos y en otras partes del corral. Similares resultados han sido reportados por otros autores (Maselyne *et al.*, 2014). Las peleas en bebederos fueron menos frecuentes y estuvieron asociadas al

sistema IAC. O'Connell (2009) argumenta, y en concordancia con los resultados productivos del presente trabajo, que en sistemas con baja disponibilidad de espacio por animal la eficiencia de conversión puede ser inferior a la de sistemas con mayor espacio por animal. Según el autor, dicha deficiencia se debe, en parte, al mayor nivel de agresiones observadas en el comedero, lo cual conlleva a un elevado derroche o desperdicio de alimento y posiblemente cambios en la digestión. En esta misma línea, uno de los aspectos que resultaron interesantes de la observación realizada, y que si bien no se registró de manera particular, fue que los animales tienden a comer y beber de manera conjunta, producto de su naturaleza gregaria y del comportamiento alelomimético (Nadin *et al.*, 2006). Este tipo de conducta lleva a una alta manifestación de agresiones y de apiñamientos en las inmediaciones del comedero y bebedero (Høøk Presto *et al.*, 2008).

En relación al comportamiento de comer no fue posible establecer diferencias entre los sistemas en ninguno de los días de observación. De acuerdo a las variables productivas, durante etapa de crecimiento no se encontraron diferencias en la cantidad de alimento consumido, pero sí durante la etapa de terminación. Sin embargo, la pauta comer tampoco permitió diferenciar sistemas en la etapa de terminación. Algunas experiencias demuestran que la frecuencia de visitas al comedero no necesariamente tiene relación con la cantidad de ración ingerida (Sodré Amaral *et al.*, 2014). En este sentido, otros trabajos (Guy *et al.*, 2002c) reportan que el consumo de alimento y de agua fue similar entre animales alojados a campo y en sistema de cama profunda, aunque los cerdos a campo destinaron menos tiempo a este comportamiento. En otras palabras, la proporción del comportamiento comer podría resultar no concluyente para determinar consumo de alimento durante una etapa de alimentación, al menos durante el periodo de observación diario establecido en el presente trabajo.

El análisis del comportamiento comer puede generar confusiones a la hora de concluir sobre el bienestar de los cerdos. Este sentido, diversos investigadores (Nadin *et al.*, 2006; Høøk Presto *et al.*, 2008) observaron que los animales de un sistema confinado destinan mayor cantidad de tiempo al comportamiento de comer a causa del aburrimiento que genera la falta de sustrato manipulable, de tierra o pastura que les permita satisfacer necesidades comportamentales. Este hecho no necesariamente tiene una consecuencia positiva sobre la performance de los animales (Machado *et al.*, 2017).

Cabe mencionar que en el presente trabajo se detectó una disminución significativa del tiempo destinado a comer el último día del ensayo, es decir cuando los

animales tenían un peso vivo de 90 kg. En el sistema IAC, dicha disminución puede ser sustentada al considerar las condiciones ambientales estresantes del día 72, ya que el ITH se encontró el 83 % del tiempo por encima del rango normal. Este fue el principal motivo por el cual disminuyó su comportamiento de comer. En este sentido, cuando los cerdos son sometidos a estrés térmico el comportamiento de ingestión de alimento disminuye (Kiefer *et al.*, 2009; Ross *et al.*, 2015).

En el presente estudio no se encontraron diferencias en relación al tiempo destinado al comportamiento de beber. Contrariamente, Guy *et al.* (2002c) observaron que en sistemas confinados los animales pueden destinar más del doble del tiempo a beber o a interactuar con los bebederos -como señal de aburrimiento- en comparación con aquellos alojados en sistemas no confinados o enriquecidos ambientalmente.

La pauta comportamental mencionada como *bellynosig* ha sido descrita (Gardner *et al.*, 2001; Bench y Gonyou, 2009) principalmente en lechones que atravesaron por un destete temprano, particularmente menor a los 21 días de edad. La observación de dicha pauta puede ser utilizada como indicador de problemas de bienestar en lechones. Sin embargo, existen experiencias donde se reporta la presencia de esta conducta, aunque en niveles bajos, en animales en la etapa de crecimiento-terminación (Di Martino *et al.*, 2015). En el presente trabajo, la aparición de esta pauta comportamental se puede considerar baja en relación a los resultados presentados en otros estudios (ej.: Di Martino *et al.*, 2015). Esto pudo deberse a que la edad de destete -28 días- empleada en el presente estudio fue adecuada desde el punto de vista del bienestar de los lechones.

En relación a los comportamientos exploratorios, algunos autores (D'Eath y Turner, 2009) afirman que los cerdos mantenidos en condiciones naturales destinan cerca del 75 % de su tiempo activo a pautas relacionadas con el pastoreo y la exploración. En el sistema IAC, se observó que la suma de los dos comportamientos representó, en promedio, el 60 % del tiempo activo de los animales, mientras que en el sistema CONF la exploración significó el 46 % del tiempo activo. De acuerdo a la naturaleza del cerdo existe una marcada preferencia por los comportamientos asociados a la exploración del ambiente y manipulación de los objetos con el hocico o la boca.

Como se mencionó, la incapacidad de poder ejecutar pautas exploratorias puede derivar en comportamientos dirigidos a compañeros del corral -morder orejas o cola- (Hughes y Duncan, 1988; Schröder-Petersen y Simonsen, 2001). Si bien dichos comportamientos no fueron registrados específicamente en este trabajo, durante el

ensayo no se detectaron estos problemas en ninguno de los dos sistemas evaluados. La caudofagia no se manifestó en el sistema IAC debido a que los cerdos disponían una gran superficie asignada por animal, mientras que los animales del CONF presentaban la cola cortada.

Por otra parte, la provisión de alimento en un lugar determinado y en grandes cantidades permite satisfacer rápidamente las necesidades alimenticias. Esta situación deja insatisfecha la necesidad comportamental de pastoreo y exploración. En este sentido, trabajos recientes (Casal-Plana *et al.*, 2017) reportaron que cuando los cerdos se encuentran en un alojamiento con enriquecimiento ambiental destinan mayor proporción de tiempo al comportamiento explorar que cuando no lo tienen. En el presente trabajo, se observó que los animales del sistema IAC, durante el día 1, destinaron una gran parte del tiempo a la exploración del ambiente y al pastoreo. Esto se explica por el hecho de que los animales pasaron de estar en corrales con piso de tierra sin cobertura vegetal y una superficie de 4 m<sup>2</sup>/animal, a un corral con cobertura vegetal y una superficie promedio de 70,37 m<sup>2</sup>/animal. En el caso del sistema CONF, si bien la superficie individual asignada se vio aumentada -en menor proporción que en IAC- la infraestructura del sitio 2 y 3 era similar. Esta hipótesis se sustenta en la mayor cantidad de animales en locomoción el día 1 en ambos sistemas. En este sentido, Fu *et al.* (2016) reportaron que en animales de 75 kg PV luego del reagrupamiento fueron predominantes los comportamientos exploratorios, agresiones y otro tipo de comportamientos activos. Consecuentemente, los autores detectaron una menor cantidad de comportamientos de descansar en ese periodo en relación a observado posteriormente en el engorde.

Por otro lado, sólo durante el día 1 la exploración fue mayor en el sistema IAC que el sistema CONF, luego la manifestación del comportamiento fue semejante en los dos sistemas. Held *et al.* (2009) demostraron que los cerdos en crecimiento y terminación otorgan menor valor al material manipulable o a la disponibilidad de tierra que a la fuente alimenticia a medida que avanza la etapa de engorde. Posiblemente, la importancia del sustrato manipulable se ve directamente afectada por la edad y la etapa fisiológica del animal, es decir, una cerda próxima al parto valora más la posibilidad de acceder a una pastura o material para elaborar un nido que un animal en engorde. A pesar de esto, se esperaba que la falta sustrato o de un medio enriquecido predisponga a la aparición de estereotipias en los animales del sistema CONF, como finalmente se observó. En este sentido, Casal-Plana *et al.* (2017) observaron presencia de estereotipias

tanto en un sistema confinado tradicional como en un sistema enriquecido, aunque la proporción fue mayor en el sistema confinado. En el presente trabajo, los cerdos del sistema IAC no presentaron estereotipias, debido posiblemente a la alta superficie disponible y la presencia del pastizal.

En relación al comportamiento de pastoreo que pudieron realizar los animales del sistema IAC, se observó que durante los primeros tres días del ensayo los cerdos consumieron la pastura durante una importante parte del tiempo (15 %-18 %). Sin embargo, a medida que el periodo de engorde transcurría este comportamiento iba perdiendo importancia, tanto así que llegó a su mínima expresión el último día del ensayo. Existen varios factores que pueden haber generado estos resultados, por un lado los ya mencionados -degradación de pastura y el corte realizado para facilitar las tareas de observación de los animales- y por otro lado aquellos relacionados con el comportamiento propio de cerdos de esta edad. Estos resultados son similares a los obtenidos por Botermans *et al.* (2015) en cerdos de 21 semanas de edad que tenían acceso a pastura. Los autores observaron que la proporción de tiempo que los animales pasaban en la pastura fue baja y que el tiempo destinado a comportamientos estacionarios fue alto. Incluso, dichos autores observaron mayor tiempo de comportamientos pasivos en el sistema con pastura en comparación con el sistema que no la tenía. Cabe mencionar que, en el presente trabajo y dentro del sistema IAC, los observadores notaron actividad sobre la pastura antes de comenzar las observaciones comportamentales, es decir antes de las 9:00 h -hora de inicio de las observaciones-. Esta situación es coincidente con lo observado por Botermans *et al.* (2015).

El comportamiento de permanecer sentado -en estado inactivo- fue superior en el sistema CONF, especialmente los días 1, 2 y 72, que en IAC. La presencia de este comportamiento en sistemas de engorde confinados es importante dado que es considerado un síntoma de apatía con el entorno. Por este motivo, algunos autores lo interpretaron como un posible indicador de falta de adaptación a las condiciones del ambiente (Guy *et al.*, 2002c; Sodré Amaral *et al.*, 2014). Algunos autores (Matthews *et al.*, 2016) han identificado que los cambios de postura, como el de permanecer sentado, pueden ser indicadores de distintas enfermedades. En este sentido, Jackson y Cockroft (2002) han reportado que, cuando los cerdos presentan un problema pulmonar -producto de alguna enfermedad respiratoria- suelen adoptar la posición de “perro sentado”. Esta posición les facilita la respiración a través de la boca mientras se forma una “línea respiratoria” causada por la contracción de los músculos abdominales que

permite forzar la salida del aire desde los pulmones. Por lo tanto, el mayor porcentaje de cerdos sentados en el sistema CONF junto a la presencia de altos niveles de algunos metabolitos sirven de sustento a la hipótesis planteada anteriormente sobre la contaminación ambiental.

En el presente estudio se observó, en coincidencia con otros trabajos (Ekkel *et al.*, 2003; Huynh *et al.*, 2005; Sodré Amaral *et al.*, 2014), que los cerdos destinaron - en términos generales- al menos el 50 % del tiempo al comportamiento de estar acostados e inactivos. Se sabe que durante el periodo de engorde los animales destinan la mayor parte del día a estar acostados, entre el 60 % - 70 % del tiempo (Maselyne *et al.*, 2014; Sodré Amaral *et al.*, 2014; Matthews *et al.*, 2016; Machado *et al.*, 2017). Incluso, se sabe que a medida que el animal aumenta de peso, incrementa también el tiempo que destina a descansar (Ekkel *et al.*, 2003). Botermans *et al.* (2015) observaron, en dos sistemas porcinos distintos, que los cerdos de 17 semanas de edad destinaban el 31 % del tiempo a descansar mientras que los de 21 destinaban el 53 % del tiempo. Presto *et al.* (2008) observaron que los cerdos alojados bajo confinamiento, a medida que aumentan su edad, disminuyen la actividad de explorar e incrementan el tiempo que permanecen acostados, mientras que en los sistemas al aire libre no encontraron dicha tendencia. En el presente trabajo dicha tendencia o evolución, se observó en el sistema IAC, ya que durante el día 72 del ensayo los animales descansaron más tiempo. Sin embargo, cabe mencionar que esto se debió no solo a la mayor edad, sino también, a las condiciones ambientales del día 72. En este sentido, existen evidencias (Huynh *et al.*, 2005; Kiefer *et al.*, 2009) de que cuando las condiciones se vuelven estresantes térmicamente el tiempo destinado a descansar aumenta, representado este comportamiento cerca del 94 % del tiempo total. Permanecer acostados o en contacto con una superficie fría -como puede ser el suelo- es uno de los mecanismos que emplean los cerdos para disminuir la temperatura corporal en condiciones estresantes.

Si se considera el análisis de correspondencias múltiples, del día 2 al día 72 del ensayo, se puede observar una asociación entre el sistema IAC durante la sesión de la mañana y mediodía y el comportamiento de estar acostado. En este sentido, Nadin *et al.* (2006) encontraron que la pauta de descansar o reposar tuvo gran importancia dentro de los comportamientos evaluados y observaron que fue mayor en los sistemas con pradera que en aquellos confinados. Esto generó un resultado distinto del esperado, ya que se pensaba que, al presentar mayor espacio disponible las actividades predominantes en los cerdos serían otras. Guy *et al.* (1994, citado por Edwards, 2003), en coincidencia con

los resultados de este trabajo, reportaron que el nivel de actividad de cerdos en crecimiento alojados en sistemas al aire libre es similar o incluso menor que el de animales alojados en sistemas intensivos. Por su parte, Averós *et al.* (2010) arribaron a resultados similares al concluir que los cerdos, dentro sistemas confinados, a mayor espacio disponible mayor tiempo destinan a estar acostados. A pesar de esto, algunos trabajos afirman que la falta de sustrato o un ambiente inadecuado predispone a los animales a permanecer inactivos (Machado *et al.*, 2017). Sin embargo, en el presente trabajo el tiempo de inactividad de los cerdos del sistema CONF se mantuvo constante a lo largo del ensayo, a excepción del día 1.

En relación a las deyecciones, se sabe que, por día un cerdo orina y defeca en promedio 3,50 y 2,30 veces, respectivamente (Huynh *et al.*, 2005). En el presente trabajo y durante las 6 horas de observación, la media de ambas acciones (orinar + defecar) fue de 3,44 y de 1,68 veces para CONF e IAC, respectivamente. Estos resultados pueden ser argumentados desde dos puntos de vista. En primer lugar, se considera que la facilidad de observación de estos eventos dentro del sistema confinado es mayor, debido especialmente a la cercanía entre el observador y el animal. Por otra parte y de acuerdo a la bibliografía, la mayor cantidad de micciones por animal puede ser un indicador de problemas de salud (Matthews *et al.*, 2016), asociado por ende al sistema CONF.

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES**

El presente trabajo tiene como objetivo valorar el impacto que puede generar el tipo de sistema de producción sobre el bienestar de los cerdos. En este sentido, existen marcadas evidencias de que el estado de bienestar debe ser medido tomando diversas variables e indicadores de manera conjunta, como ser, cambios a nivel fisiológico e inmunológico, modificaciones en la etología del animal y niveles de producción obtenidos.

En este trabajo se considera la incorporación de las variables productivas en la evaluación, dado que es un aspecto clave dentro de un sistema porcino. En este sentido y contrario a lo esperado, se destaca la mayor ganancia de peso durante todo el periodo de engorde a favor de los animales del sistema a campo. Los animales del sistema intensivo a campo lograron mayor ganancia de peso durante la etapa de crecimiento asociado a una mayor eficiencia de conversión del alimento, mientras que, durante la terminación, la mayor ganancia de peso lograda se debió a un mayor consumo de alimento, sin resultar estadísticamente más eficientes en dicha etapa. Los resultados permiten concluir que el sistema intensivo a campo obtiene mejor desempeño que el sistema confinado, especialmente cuando éste último presenta limitaciones en el control de las condiciones ambientales a las cuales se exponen los cerdos como ocurrió en el presente estudio. Por lo tanto, el estrés resulta ser un factor importante en la etapa productiva ya que afecta directamente la tasa de crecimiento y la eficiencia productiva.

Desde el punto de vista fisiológico, la respuesta obtenida sobre la concentración de los diferentes metabolitos no fue tan evidente como se esperaba. Fue posible detectar problemas de estrés crónico asociados, en primera medida, a las condiciones atmosféricas adversas a las cuales fueron expuestos los animales del sistema confinado. Como se mencionó anteriormente, los niveles atmosféricos de gases o de polvo no fueron medidos directamente, aunque indirectamente su efecto pareciera haberse manifestado no sólo en indicadores sanguíneos –cortisol, hematocrito, PCR- sino también en comportamientos particulares –ej.: permanecer sentado- y sobre el aumento de peso de los animales.

Se evidenció una mayor concentración de glucosa circulante en los animales del sistema confinado. Esto pudo deberse a la falta de actividad física que implica un menor requerimiento energético del musculo esquelético y predispone a una baja metabolización de la glucosa.

La concentración de cortisol mostró una evolución distinta a la esperada en animales bajo condiciones de estrés, especialmente durante el periodo de reagrupamiento donde la hormona alcanzó valores inferiores a los basales, en los cerdos confinados. Este fenómeno podría deberse a la habituación del eje HHA frente a una situación de estrés mantenida en el tiempo, como representa el reagrupamiento y el cambio de sitio. Resulta importante destacar que dentro del periodo de reagrupamiento - primeros días del ensayo- los animales del sistema a campo mostraron un efecto tardío - recién el día 5- sobre algunas variables fisiológicas -glucosa, PCR- en comparación con los animales del sistema confinado. En este sentido, se destaca la lenta liberación de las proteínas de fase aguda en comparación con los demás metabolitos analizados, lo cual permite usarlas como indicadores confiables de situaciones de estrés crónico.

Por otra parte, fue claro el efecto que generó el cambio de sitio para los animales alojados a campo, dado que durante la primer parte del periodo de reagrupamiento predominaron los comportamientos de exploración. Por su parte, dentro del sistema confinado en el mismo periodo, fue importante la presencia de las agresiones y comportamientos sociales. Luego de transcurrido el periodo de reagrupamiento pudo observarse, en términos generales, un repertorio de comportamientos semejante en los cerdos de los dos sistemas. Sin embargo, se debe destacar la mayor cantidad de peleas que se registraron en el sistema confinado especialmente en las cercanías de los comederos. Esto último pudo haber tenido una repercusión negativa sobre el consumo de alimento y por ende en la eficiencia de conversión, especialmente porque en este trabajo no se cuantificaron las pérdidas a nivel del comedero. En esta misma línea, resulta llamativo que el tiempo que los cerdos destinaron al comportamiento de comer fue semejante entre sistemas, pero el consumo de alimento- medido en kilogramos- fue superior en el sistema a campo. Esto da lugar a dos supuestos, por un lado los animales del sistema intensivo a campo consumen alimento en otros momentos del día, y por otro lado, los animales del sistema confinado permanecen sobre el comedero como señal de dominancia -dada la mayor cantidad de competencia que existe- sin consumir alimento.

En relación al tiempo que los animales permanecieron acostados se concluye que no hubo un efecto negativo del sistema confinado, en este sentido, tal como se esperaba. Caso contrario, los animales del sistema intensivo a campo destinaron, durante algunos días, una gran parte del tiempo a permanecer acostados, especialmente cuando las condiciones ambientales se tornaron estresantes térmicamente. En este sentido, cabe destacar que el efecto térmico juega un papel importante en los sistemas al aire libre.

Al observar el sistema de una manera holística se vuelve dificultoso identificar un factor particular de estrés, pero es posible enumerar una serie de aspectos que tuvieron implicancia en alguna o varias de las variables estudiadas: contaminación ambiental, reagrupamiento, cambio de sitio, condiciones climáticas y hacinamiento.

A modo de resumen, los animales del sistema confinado vieron afectada su salud respiratoria y por ende su estado de bienestar. De esta forma se respalda la idea de que dentro de un sistema confinado -sin el correcto acondicionamiento- se pueden presentar una serie de factores estresantes como lo son la ausencia de sustrato, alta densidad de animales y la baja calidad del aire que pueden llevar a los cerdos a modificar sus comportamientos naturales, desarrollar vicios, estereotipias, afectar su salud y finalmente perjudicar su desempeño productivo. Posiblemente el efecto estresor que genera el ambiente de producción sobre el animal no es de suficiente magnitud como para producir aumentos o cambios de importancia en la concentración de los metabolitos evaluados en el presente trabajo. Incluso la respuesta adaptativa de cada animal a dicho ambiente puede variar de acuerdo a sus experiencias previas. Por lo tanto, a futuro se propone continuar estudiando cambios -tanto a corto y largo plazo- a nivel fisiológico y comportamental pero bajo circunstancias controladas, donde los estresores intervinientes puedan ser discriminados y su magnitud establecida previamente (ej.: diferentes niveles de estrés calórico en el sistema de producción).

## CAPÍTULO 7. REFERENCIAS

- Abaigas, A. 2008. Condicionalidad y Bienestar Animal Porcino. Disponible en: [http://www.elika.eus/datos/otros\\_docs\\_nan/Archivo90/Alberto\\_Abaigas.ITG-Ganadero.pdf](http://www.elika.eus/datos/otros_docs_nan/Archivo90/Alberto_Abaigas.ITG-Ganadero.pdf)
- Abeni, F., Petrera, F., Dal Prà, A., Rapetti, L., Malagutti, L., y Galassi, G. 2015. Blood parameters in fattening pigs fed whole-ear corn silage and housed in group pens or in metabolic cages. *J. Anim. Sci.* 93:3901–3908.
- Alende, M., Volpi Lagreca, G., Pordomingo, A. J., Pighín, D., Grigioni, G., Carduza, F., Pazos, A., Babinec, F., y Sancho, A. M. 2014. Efectos del tiempo de transporte, espera pre-faena y maduración en novillos sobre indicadores de estrés, calidad instrumental y sensorial de la carne. *Arch. Med. Vet.* 46:217–227.
- Amory, J. R., Mackenzie, A. M., Eckersall, P. D., Stear, M. J., y Pearce, G. P. 2007. Influence of rearing conditions and respiratory disease on haptoglobin levels in the pig at slaughter. *Res. Vet. Sci.* 83:428–435.
- Appleby, M. C., Cussen, V., Garcés, L., Lambert, L. A., y Turner, J. 2008. Long Distance Transport and Welfare of Farm Animals. WSPA. (M. C. Appleby, V. Cussen, L. Garcés, L. A. Lambert, y J. Turner, editores.).
- Arey, D., y Brooke, P. 2006. Animal Welfare aspects of good agricultural practice: pig production. (Compassion in World Farming, editor.).
- Averós, X., Brossard, L., Dourmad, J. Y., de Greef, K. H., Edge, H. L., Edwards, S. A., y Meunier-Salaün, M. C. 2010. Quantitative assessment of the effects of space allowance, group size and floor characteristics on the lying behaviour of growing-finishing pigs. *Animal.* 4:777–783.
- Averós, X., Herranz, A., Sánchez, R., y Gosálvez, L. F. 2009. Effect of the duration of commercial journeys between rearing farms and growing-finishing farms on the physiological stress response of weaned piglets. *Livest. Sci.* 122:339–344.
- Barbari, M., y Conti, L. 2009. Use of different cooling systems by pregnant sows in experimental pen. *Biosyst. Eng.* 103:239–244.
- Baumgard, L. H., y Rhoads, R. P. 2013. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1:311–337.
- Beily, E., Brunori, J., Campagna, D., Cottura, G., Diana, C., Denegri, D., Ducommun, M. L., Faner, C., Eugenia, F. M., Franco, R., Giovannini, F., Goenaga, P., Viviana, L., Lloveras, M., Millares, P., Odetto, S., Panichelli, D., Pietrantonio, J., Rodríguez Fazzone, M., Suárez, R., Naum Spiner, G., y Zielinsky, G. 2012. Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. (J. Brunori, M. Rodríguez Fazzone, y M. E. Figueroa, editores.).
- Bench, C. J., y Gonyou, H. W. 2009. Ontogeny of belly nosing in pigs weaned at 14 days of age: A study from weaning to 13 weeks of age. *Can. J. Anim. Sci.* 89:187–194.

- Bitrus, A. A., Adam, B. M., Goni, D. M., Mshelia, A., Jalo, I. M., Mshelia, I. T., y Fika, I. I. 2017. The application of acute phase protein as biomarkers in bovine mastitis. *Direct Res. J. Vet. Med. Anim. Sci.* 2:1–7.
- Blumetto Velazco, O. R., Calvet Sanz, S., Estellés Barber, F., y Villagrà García, A. 2013. Comparison of extensive and intensive pig production systems in Uruguay in terms of ethologic, physiologic and meat quality parameters. *Rev. Bras. Zootec.* 42:521–529.
- Bolhuis, J. E., Schouten, W. G. P., Schrama, J. W., y Wiegant, V. M. 2006. Effects of rearing and housing environment on behaviour and performance of pigs with different coping characteristics. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101:68–85.
- Bonelli, A. M., y Schifferli, R. C. 2001. Síndrome Estrés Porcino. *Arch. med. vet.* 33:125–135.
- Botermans, J. A. M., Olsson, A.-C., Andersson, M., Bergsten, C., y Svendsen, J. 2015. Performance, health and behaviour of organic growing-finishing pigs in two different housing systems with or without access to pasture. *Acta Agric. Scand. Sect. A — Anim. Sci.* 65:158–167.
- Bottegal, D., Zimerman, M., y Messina, M. 2014. Efecto de las condiciones ambientales en la eficiencia reproductiva en cerdos criados a campo bajo un clima subtropical subhúmedo. *Memorias XII Congr. Nac. Prod. Porc. 2014, Argentina.* p. 115.
- Brambell, F. W. R. 1965. Report of the Technical Committee to Enquire Into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems.
- Brancaccio, P., Maffulli, N., y Limongelli, F. M. 2007. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* 81–82:209–230.
- Brandt, P., y Aaslyng, M. D. 2015. Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Sci.* 103:13–23.
- Broom, D. M. 1986. Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.* 142:524–526.
- Broom, D. M. 1991. Animal welfare : concepts and measurement. *J Anim Sci.* 69:4167–4175.
- Broom, D. M. 2008. Welfare concepts. Chapter 1. En: *Welfare of pigs from birth to slaughter*. p. 321.
- Broom, D. M. 2010. Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and food quality required by the public. *J. Vet. Med. Educ.* 37:83–88.
- Broom, D. M. 2017. Cortisol: often not the best indicator of stress and poor welfare. *Physiol. News.* 107:30–32.
- Brousset Hernandez-Jauregui, D. M., Galindo Maldonado, F., Valdez Pérez, R. A., Romano Pardo, M., y Schuneman de Aluja, A. 2005. Cortisol en saliva, orina y heces: evaluación no invasiva en mamíferos silvestres. *Vet. Mex.* 36:325–337.

- Buffington, D. E., Colloazo-Arocho, A., Canton, G. H., Pitt, D., Thatcher, W. W., y Collier, R. J. 1981. Black Globe Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. *Trans. ASABE*. 24:711–714.
- Bungenstab, D. J. 2004. Environmental Impacts of Beef Production in Central Brazil: The Effect of Intensification on Area Appropriatin. p. 1-199.
- Burger, W., Ewald, C., y Fennert, E. M. 1998. Increase in C-reactive protein in the serum of piglets (pCRP) following ACTH or corticosteroid administration. *J. Vet. Med. Ser. B-Infectious Dis. Vet. Public Heal.* 45:1–6.
- Cáceres, M. S. 2005. Perfil descriptivo de la cadena de porcinos. Buenos Aires. Disponible en: <http://www.minagri.gov.ar/new/0-0/programas/dma/publicaciones/perspectivas/Perfiles%20descriptivos/Cadena%20de%20carne%20porcina.pdf>
- Candiani, D., Salamano, G., Mellia, E., Doglione, L., Bruno, R., Toussaint, M., y Gruys, E. 2008. A combination of behavioral and physiological indicators for assessing pig welfare on the farm. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 11:1–13.
- Carenzi, C., y Verga, M. 2009. Animal welfare: review of the scientific concept and definition. *Ital. J. Anim. Sci.* 8:21–30.
- Carreras, R., Arroyo, L., Mainau, E., Valent, D., Bassols, A., Dalmau, A., Faucitano, L., Manteca, X., y Velarde, A. 2017. Can the way pigs are handled alter behavioural and physiological measures of affective state? *Behav. Processes.* 142:91–98.
- Carreras, R., Mainau, E., Arroyo, L., Moles, X., González, J., Bassols, A., Dalmau, A., Faucitano, L., Manteca, X., y Velarde, A. 2016. Housing conditions do not alter cognitive bias but affect serum cortisol, qualitative behaviour assessment and wounds on the carcass in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 185:39–44.
- Casal-Plana, N., Manteca, X., Dalmau, A., y Fàbrega, E. 2017. Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 195:38–43.
- Chen, H. H., Lin, J. H., Fung, H. P., Ho, L. L., Yang, P. C., Lee, W. C., Lee, Y. P., y Chu, R. M. 2003. Serum acute phase proteins and swine health status. *Can. J. Vet. Res.* 67:283–290.
- Chmielowiec-korzeniowska, A., Tymczyna, L., y Babicz, M. 2012. Assessment of selected parameters of biochemistry , hematology , immunology and production of pigs fattened in different seasons. *Arch. Tierzucht.* 55:469–479.
- Coutellier, L., Arnould, C., Boissy, A., Orgeur, P., Prunier, A., Veissier, I., y Meunier-Salaün, M. C. 2007. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105:102–114.
- D'Eath, R. B., y Turner, S. P. 2009. The Natural Behaviour of the Pig. En: J. N. Marchant-Forde, editor. *The Welfare of Pigs*. Springer S. p. 13–45.
- Dalla Acosta, A. O., Ludke, J. V., Coldebella, A., Kich, J. D., Rodrigues Paranhos da

- Costa, J. M., Faucitano, L., Peloso, J. V., y Dalla Roza, D. 2009. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. *Ciência Rural*. 39:852–858.
- Dalla Costa, O. A., Ludke, J. V., Rodrigues Paranhos da Costa, J. M., Faucitano, L., Coldebella, A., Deon Kich, J., Peloso, J. V., y Dalla Roza, D. 2008. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. *Ciência Rural*. 38:2300–2306.
- Davies, P. R. 2011. Intensive swine production and pork safety. *Foodborne Pathog. Dis.* 8:189–201.
- Dawkins, M. S. 2008. The science of animal suffering. *Ethology*. 114:937–945.
- DeHaven, W. R. 2000. Pain and Distress: USDA Perspective. En: The National Academies, editor. *Definition of Pain and Distress and Reporting Requirements for Laboratory Animals: Proceedings of the Workshop Held*. Washington, D.C. p. 3–9.
- Di Martino, G., Scollo, A., Gottardo, F., Stefani, A. L., Schiavon, E., Capello, K., Marangon, S., y Bonfanti, L. 2015. The effect of tail docking on the welfare of pigs housed under challenging conditions. *Livest. Sci.* 173:78–86.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. 2014. *Infostat Versión 2014*.
- Di Rienzo, J. A., Guzman, A. W., y Casanoves, F. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 7:129–142.
- Diack, A. B., Gladney, C. D., Mellencamp, M. a., Stear, M. J., y Eckersall, P. D. 2011. Characterisation of plasma acute phase protein concentrations in a high health boar herd. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 139:107–112.
- Edwards, S. A. 2003. Intake of nutrients from pasture by pigs. *Proceeding Nutr. Soc.* 62:257–265.
- Ekkel, E. D., Spoolder, H. A. M., Hulsegge, I., y Hopster, H. 2003. Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80:19–30.
- Elbers, A. R., Couston, G. H., y Tielen, M. J. 1992. Haematological and clinicochemical blood profiles in slaughter pigs. *Vet Q.* 14:57–62.
- Fagundes, A. C. A., Negrão, J. A., Da Silva, R. G., Gomes, J. D. F., Souza, L. W. de O., y Fukushima, R. S. 2008. Environmental temperature and serum cortisol levels In growing-finishing pigs. *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.* 45:136–140.
- Farm Animal Welfare Council. 2009. *Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future*. Disponible en: <http://www.fawc.org.uk>
- Faucitano, L., y Gevorkian, N. A. 2009. Chapter 7. Effects of preslaughter handling on stress response and meat quality in pigs. En: *Welfare of pigs from birth to slaughter*.

p. 197–224.

- Fernandez, X., Meunier-Salaün, M. C., y Mormede, P. 1994. Agonistic behavior, plasma stress hormones, and metabolites in response to dyadic encounters in domestic pigs: Interrelationships and effect of dominance status. *Physiol. Behav.* 56:841–847.
- Fraser, D. 1993. *Assessing Animal Well-Being: Common Sense, Uncommon Science.* Food Anim. well-being. 37–54.
- Fraser, D. 2006. Animal welfare assurance programs in food production: A framework for assessing the options. *Anim. Welf.* 15:93–104.
- Fraser, D. 2008. Chapter 11. The welfare of pigs: a social, ethical and scientific issue. En: *Welfare of pigs: from birth to slaughter.* Editions Q. Versailles, France. p. 289–302.
- Fu, L., Li, H., Liang, T., Zhou, B., Chu, Q., Schinckel, A. P., Yang, X., Zhao, R., Li, P., y Huang, R. 2016. Stocking density affects welfare indicators of growing pigs of different group sizes after regrouping. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 174:42–50.
- Gardner, J. M., Duncan, I. J. H., y Widowski, T. M. 2001. Effects of social “stressors” on belly-nosing behaviour in early-weaned piglets: Is belly-nosing an indicator of stress? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 74:135–152.
- Garrappa, G., Bottegal, D., y Zimmerman, M. 2016. Evaluación de las condiciones ambientales de dos sistemas de engorde porcino: intensivo a campo y cama profunda en la provincia de Tucumán. *Memorias Congr. Nac. Prod. Porc.* 2016, Argentina. p. 215.
- Gentry, J. G., Mcglone, J. J., Blanton, J. R., y Miller, M. F. 2002a. Alternative housing systems for pigs : Influences on growth, composition, and pork quality. *J. Anim. Sci.* 80:1781–1790.
- Gentry, J. G., Mcglone, J. J., Miller, M. F., y Blanton, J. R. 2002b. Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. *J. Anim. Sci.* 80:1707–1715.
- Gómez, R. ., Lewis, A. J., Miller, P. S., y Chen, H. Y. 2002. Growth performance , diet apparent digestibility , and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein , amino acid-supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80:644–653.
- Google. 2015. Mapa de Tucumán, Argentina. Disponible en: [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)
- Gregory, N. G. 1998. Animal Welfare and the Meat Market. *Anim. Welf. Meat Sci.* 1–14.
- Grellner, G. F., Fangman, T. J., Fangman, y Carroll, J. a. 2002. Using serology in combination with acute phase proteins and cortisol to determine stress and immune function of early-weaned pigs Summary : *J. Swine Heal. Prod.* 10:199–204.

- Guimaraes, A. M. S., Biondo, A. W., Lara, A. C., y Messick, J. B. 2007. Exploratory study of *Mycoplasma suis* (*Eperythrozoon suis*) on four commercial pig farms in southern Brazil. *Vet. Rec.* 160:50–53.
- Gustin, P., Urbain, B., Prouvost, J.-F., y Ansay, M. 1994. Effects of Atmospheric Ammonia on Pulmonary Hemodynamics and Vascular Permeability in Pigs: Interaction with Endotoxins. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 125:17–26.
- Gutiérrez, A. M., Martínez-Subiela, S., Eckersall, P. D., y Cerón, J. J. 2009. C-reactive protein quantification in porcine saliva: A minimally invasive test for pig health monitoring. *Vet. J.* 181:261–265.
- Guy, J. H., Rowlinson, P., Chadwick, J. P., y Ellis, M. 2002a. Growth performance and carcass characteristics of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems. *Anim. Sci.* 74:493–502.
- Guy, J. H., Rowlinson, P., Chadwick, J. P., y Ellis, M. 2002b. Health conditions of two genotypes of growing-finishing pig in three different housing systems: Implications for welfare. *Livest. Prod. Sci.* 75:233–243.
- Guy, J. H., Rowlinson, P., Chadwick, J. P., y Ellis, M. 2002c. Behaviour of two genotypes of growing-finishing in three different housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75:193–206.
- Held, S., Cooper, J. J., y Mendl, M. T. 2009. Advances in the Study of Cognition, Behavioural Priorities and Emotions. En: J. N. Marchant-Forde, editor. *The Welfare of Pigs*. p. 47–94.
- Heo, J., Kattesh, H. G., Roberts, M. P., Morrow, J. L., Dailey, J. W., y Saxton, A. M. 2005. Hepatic corticosteroid-binding globulin (CBG) messenger RNA expression and plasma CBG concentrations in young pigs in response to heat and social stress. *J. Anim. Sci.* 83:208–215.
- Hernández, A., Álvarez, A., Ávila, M., y M, C. 2005. Conducta del cerdo. Rasgos de interés prácticos. *Rvta Asoci. Cub. Prod. Anim.,* 1:36–40.
- Hernández Castorena, M. G., Ángeles, M. de L., Zapata Salinas, L., Bermúdez, M. M., y Gomez Rosales, S. 2006. Efectos de la densidad por corral sobre la producción y las concentraciones sanguíneas de metabolitos y cortisol en cerdos en crecimiento y finalización. *Vet. Mex.* 1:59–77.
- Høøk Presto, M., Andersson, H. K., Folestam, S., y Lindberg, E. J. 2008. Activity behaviour and social interactions of pigs raised outdoors and indoors. *Arch. Tierz. Dummerstorf.* 51:338–350.
- Hötzel, M. J., Lopes, E. C. J., de Oliveira, P. A. V, y Guidoni, A. L. 2009. Behaviour and performance of pigs finished on deep bedding with wood shavings or rice husks in summer. *Anim. Welf.* 18:65–71.
- Hötzel, M. J., Pinheiro Machado F, L. C., Wolf, F. M., y Dalla Costa, O. A. 2004. Behaviour of sows and piglets reared in intensive outdoor or indoor systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86:27–39.

- Hughes, B. O., y Duncan, I. J. H. 1988. The notion of ethological “need”, models of motivation and animal welfare. *Anim. Behav.* 36:1696–1707.
- Huynh, T. T. . T., Aarnink, A. J. . A., Gerrits, W. J. J., Heetkamp, M. J. H., Canh, T. T., Spoolder, H. A. M., Kemp, B., y Verstegen, M. W. A. 2005. Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 91:1–16.
- IPCVA. 2018. Faena y producción de carne vacuna (Informe semestral). Buenos Aires. Disponible en: [www.ipcva.com.ar](http://www.ipcva.com.ar)
- Jackson, P. G. G., y Cockcroft, P. D. 2002a. *Clinical Examination of Farm Animals*. (Blackwell Science, editor.). Blackwell Science Ltd, Oxford, UK.
- Jackson, P. G. G., y Cockcroft, P. D. 2002b. Appendix 2: Laboratory Reference Values of Farm Animals - Haematology. En: John Wiley & Sons, editor. *Clinical Examination of Farm Animals*. Oxford, UK. p. 302–302.
- Jensen, P., y Toates, F. M. 1997. Stress as a state of motivational systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53:145–156.
- Kanitz, E., Otten, W., y Tuchscherer, M. 2005. Central and peripheral effects of repeated noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 94:213–224.
- Kelly, C. F., y Bond, T. E. 1971. Bioclimatic factors and their measurements. En: National Academy of Science, editor. *A guide to environmental research in animals*. Washington, DC. p. 7–92.
- Kiefer, C., Meignen, B. C. G., Sanches, J. F., y Carrijo, A. S. 2009. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Arch. Zootec.* 58:55–64.
- Kim, M. H., Yang, J. Y., Upadhaya, S. D., Lee, H. J., Yun, C. H., y Ha, J. K. 2011. The stress of weaning influences serum levels of acute-phase proteins, iron-binding proteins, inflammatory cytokines, cortisol, and leukocyte subsets in Holstein calves. *J. Vet. Sci.* 12:151–158.
- Knowles, T. G., y Warriss, P. D. 2000. Stress physiology of animal during transport. En: G. Temple, editor. *Livestock Handling and Transport*, 2nd ed. 2nd Editio. CABI. p. 385–407.
- Ladewing, J. 2000. Chronic Intermittent Stress: A Model for the Study of Long-term Stressors. En: *THE BIOLOGY OF ANIMAL STRESS Basics Principles and Implications for Animal Welfare*. p. 159–169.
- Lampreave, F., González Ramón, N., Martínez Ayensa, S., Hernández, M. A, Lorenzo, H. K, García Gil, A., y Piñeiro, A. 1994. Characterization of the acute phase serum protein response in pigs. *Electrophoresis.* 15:672–676.
- Lawrence, A. B., y Terlouw, E. M. C. 1993. A Review of Behavioral Factors Involved in the Development and Continued Performance of Stereotypic Behaviors in Pigs. *J. Anim. Sci.* 71:2815–2825.

- Lebret, B., Dourmad, J. Y., Mourot, J., Pollet, P. Y., y Gondret, F. 2014. Production performance , carcass composition , and adipose tissue traits of heavy pigs : Influence of breed and production system 1. *J. Anim. Sci.* 92:3543–3556.
- Lebret, B., Meunier-Salaün, M. C., Foury, A., Mormède, P., Dransfield, E., y Dourmad, J. Y. 2006. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J. Anim. Sci.* 84:2436–2447.
- Li, Q., y Patience, J. F. 2016. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1–12.
- Lyons, C. A. P., Bruce, J. M., Fowler, V. R., y English, P. R. 1995. A comparison of productivity and welfare of growing pigs in four intensive systems. *Livest. Prod. Sci.* 43:265–274.
- Machado, S. P., Caldara, F. R., Foppa, L., de Moura, R., Gonçalves, L. M. P., Garcia, R. G., Nääs, I. de A., Nieto, V. M. O. dos S., y de Oliveira, G. F. 2017. Behavior of Pigs Reared in Enriched Environment: Alternatives to Extend Pigs Attention. E. Palagi, editor. *PLoS One.* 12:1–18.
- Marchant-Forde, J. N. 2008. The welfare of pigs. (J. N. Marchant-Forde, editor.). Springer Science & Business Media.
- Marchant-Forde, J. N. 2009. Introduction to the welfare of pigs (Chapter ). En: J. N. Marchant-Forde, editor. *The Welfare of Pigs.* p. 1–12.
- Marchant-Forde, J. N., y Marchant-Forde, R. M. 2008. Welfare of Pigs During Transport and Slaughter. En: J. R. Marchant-Forde, editor. *The Welfare of Pigs.* West Lafayette, USA. p. 301–330.
- Marco-Ramell, A., Pato, R., Peña, R., Saco, Y., Manteca, X., Ruiz de la Torre, J. L., y Bassols, A. 2011. Identification of serum stress biomarkers in pigs housed at different stocking densities. *Vet. J.* 190:66–71.
- Martin, P., y Bateson, P. 1991. La medición del comportamiento. Alianza Ed. Madrid. p. 1-237
- Maselyne, J., Saeys, W., Ketelaere, B. De, y Briene, P. 2014. How do fattening pigs spend their day? En: *Proceedings of the 6th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level*, Clermont-Ferrand, France. p. 157.
- Matthews, S. G., Miller, A. L., Clapp, J., Plötz, T., y Kyriazakis, I. 2016. Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. *Vet. J.* 217:43–51.
- McGlone, J., y Pond, W. G. 2003. *Pig Production: Biological Principles and Applications.* (C. Learning, editor.).
- Melotti, L., Oostindjer, M., Bolhuis, J. E., Held, S., y Mendl, M. 2011. Coping personality type and environmental enrichment affect aggression at weaning in pigs.

- Appl. Anim. Behav. Sci. 133:144–153.
- Mendl, M., Burman, O. H. P., y Paul, E. S. 2010. An integrative and functional framework for the study of animal emotion and mood. *Proc. R. Soc. B.* 277:2895–2904.
- Merlot, E., Meunier-Salaün, M. C., y Prunier, A. 2004. Behavioural, endocrine and immune consequences of mixing in weaned piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 85:247–257.
- Merlot, E., Mounier, M., Dourmad, Y., Prunier, A., y Ouest, A. 2010. Influence de la race et du mode de logement sur la sécrétion de cortisol, l'immunité et la santé des porcs à l'engrais. *Journées Rech. Porc.* 21–26.
- Miller, E. R., Ullrey, D. E., Ackerman, I., Schmidt, D. A., Hoefler, J. A., Luecke, R. W., y Al, E. T. 1961a. SWINE HEMATOLOGY FROM BIRTH TO MATURITY. I. SERUM PROTEINS. *J. Anim. Sci.* 20:31–35.
- Miller, E. R., Ullrey, D. E., y Ackermann, I. 1961b. SWINE HEMATOLOGY FROM BIRTH TO MATURITY. II. ERYTHROCYTE POPULATION, SIZE AND HEMOGLOBIN CONCENTRATION. *J. Anim. Sci.* 20:890–897.
- Miller, G. E., Chen, E., y Zhou, E. S. 2007. If it goes up, must it come down? Chronic stress and the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis in humans. *Psychol. Bull.* 133:25–45.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. 2010. Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial Participativo y Federal 2010-2020.
- Ministerio de Agroindustria. 2015. Anuario 2015, Porcinos.
- Ministerio de Agroindustria. 2016a. Hoja Informativa, Principales Indicadores Porcinos- Diciembre 2016. Disponible en: [http://www.novartis.com.ar/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/archivos/?cido=Zoledr?nico=Hoja\\_informativa-final.pdf](http://www.novartis.com.ar/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/archivos/?cido=Zoledr?nico=Hoja_informativa-final.pdf)
- Ministerio de Agroindustria. 2016b. Boletín porcino. Diciembre 2016.
- Ministerio de Agroindustria. 2017. Anuario Porcino 2016.
- Ministerio de Agroindustria. 2018. Boletín Porcino-Diciembre 2017.
- Ministerio de Hacienda y Finanzas. 2016. Informes de cadenas de valor-Carne Porcina. Año 1 N°9- Agosto 2016.
- Moberg, G. P., y Mench, J. A. 2000. THE BIOLOGY OF ANIMAL STRESS Basic Principles and Implications for Animal Welfare. (G. P. Moberg y J. A. Mench, editores.). CABI.
- Monteiro, A. P. A., Tao, S., Thompson, I. M. T., y Dahl, G. E. 2016. In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. *J. Dairy Sci.* 99:8443–8450.

- Moreno, A., y Telechea, M. 2011. Monitoreo y estudio de cadenas de valor ONCCA-Informe de la Cadena Porcina.
- Morrison, R. S., Johnston, L. J., y Hilbrands, A. M. 2007. The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103:12–24.
- Murata, H. 2007. Stress and acute phase protein response: An inconspicuous but essential linkage. *Vet. J.* 173:473–474.
- Murata, H., Shimada, N., y Yoshioka, M. 2004. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: An overview. *Vet. J.* 168:28–40.
- Nadin, L., Bartoloni, N., y Basso, L. R. 2006. Comportamiento de cerdos en cebo bajo diferentes sistemas de producción. *Av. Tecnol. Porc.* 3:22–32.
- National Farm Animal Care Council. 2014. Code of Practice for the care and handling of pigs. Canadian P. (National Farm Animal Care Council (NFACC), editor.).
- NRC. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals.
- O’Connell, N. E. 2009. Housing the Fattening Pig. En: *The Welfare of Pigs*. p. 189–210.
- O’Connor, E. A., Parker, M. O., McLeman, M. A., Demmers, T. G., Lowe, J. C., Cui, L., Davey, E. L., Owen, R. C., Wathes, C. M., y Abeyesinghe, S. M. 2010. The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 1): stress physiology, production and play behaviour. *Animal.* 4:1899–1909.
- OECD. 2017. Meat consumption (indicator). Disponible en: [www.data.oecd.org](http://www.data.oecd.org)
- OECD/FAO. 2016. OECD-FAO Agricultural outlook 2016-2025. OECD Publishing, Paris.
- Pearce, S. C., Sanz-Fernandez, M. V., Hollis, J. H., Baumgard, L. H., y Gabler, N. K. 2014. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs1. *J. Anim. Sci.* 92:5444–5454.
- Peterson, V., Simonsen, H. B., y Lawson, L. G. 1995. The effects of environmental stimulation on the development of behavior in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 45:215–224.
- Piñeiro, C., Piñeiro, M., Morales, J., Andrés, M., Lorenzo, E., Pozo, M. Del, Alava, M. A., y Lampreave, F. 2009. Pig-MAP and haptoglobin concentration reference values in swine from commercial farms. *Vet. J.* 179:78–84.
- Piñeiro, M., Morales, J., Vizcaíno, E., Murillo, J. A., Klauke, T., Petersen, B., y Piñeiro, C. 2013. The use of acute phase proteins for monitoring animal health and welfare in the pig production chain: The validation of an immunochromatographic method for the detection of elevated levels of pig-MAP. *Meat Sci.* 95:712–718.

- Piñeiro, M., Piñeiro, C., Carpintero, R., Morales, J., Campbell, F. M., Eckersall, P. D., Toussaint, M. J. M., y Lampreave, F. 2007. Characterisation of the pig acute phase protein response to road transport. *Vet. J.* 173:669–674.
- Póvoa, P. 2002. C-reactive protein: a valuable marker of sepsis. *Intensive Care Med.* 28:235–243.
- Prunier, A., Mounier, A. M., y Hay, M. 2005. Effects of castration , tooth resection , or tail docking on plasma metabolites and stress hormones in young pigs. *J Anim Sci.* 216–222.
- Rao, I., Peters, M., Castro, A., Schultze-Kraft, R., White, D., Fisher, M., Miles, J., Lascano, C., Blummel, M., Bungenstab, D., Tapasco, J., Hyman, G., Bolliger, A., Paul, B., Van Der Hoek, R., Maass, B., Tiemann, T., Cuchillo, M., Douxchamps, S., Villanueva, C., Rincon, Á., Ayarza, M., Rosenstock, T., Subbarao, G., Arango, J., Cardoso, J., Worthington, M., Chirinda, N., Notenbaert, A., Jenet, A., Schmidt, A., Vivas, N., Lefroy, R., Fahrney, K., Guimaraes, E., Tohme, J., Cook, S., Herrero, M., Chacón, M., Searchinger, T., y Rudel, T. 2015. LivestockPlus - The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Trop. Grasslands - Forrajes Trop.* 3:59.
- Rivington, M., Matthews, K. B., Bellocchi, G., Buchan, K., Stöckle, C. O., y Donatelli, M. 2007. An integrated assessment approach to conduct analyses of climate change impacts on whole-farm systems. *Environ. Model. Softw.* 22:202–210.
- Ross, J. W., Hale, B. J., Gabler, N. K., Rhoads, R. P., Keating, A. F., y Baumgard, L. H. 2015. Physiological consequences of heat stress in pigs. *Anim. Prod. Sci.* 55:1381–1390.
- Salamano, G., Mellia, E., Candiani, D., Ingravalle, F., Bruno, R., Ru, G., y Doglione, L. 2008. Changes in haptoglobin, C-reactive protein and pig-MAP during a housing period following long distance transport in swine. *Vet. J.* 177:110–115.
- Sampaio, C. A. D. P., Cristani, J., Dubiela, J. A., Boff, C. E., y Oliveira, M. A. De. 2004. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. *Ciência Rural.* 34:785–790.
- Schrøder-Petersen, D. L., y Simonsen, H. B. 2001. Tail biting in pigs. *Vet. J.* 162:196–210.
- Scollo, A., Gottardo, F., Contiero, B., y Edwards, S. A. 2014. Does stocking density modify affective state in pigs as assessed by cognitive bias, behavioural and physiological parameters? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 153:26–35.
- Scott, K., Chennells, D. J., Campbell, F. M., Hunt, B., Armstrong, D., Taylor, L., Gill, B. P., y Edwards, S. A. 2006. The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: Fully-slatted versus straw-bedded accommodation. *Livest. Sci.* 103:104–115.
- Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. 2005. Resolución 144/2005 Producción de Porcinos. Argentina.

- SENASA. 2014. Informe estadístico de producción porcina. Disponible en: [http://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/publicaciones/informes\\_estadisticos/mov\\_porcino2014/Movporcino2014.pdf](http://www.senasa.gob.ar/prensa/DNSA/publicaciones/informes_estadisticos/mov_porcino2014/Movporcino2014.pdf)
- SENASA. 2017. Informes y estadísticas SENASA. Estratificación Porc. 2017. Disponible en: <http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/porcinos/informacion/informes-y-estadisticas>
- Siegford, J. M., Powers, W., y Grimes-Casey, H. G. 2008. Environmental aspects of ethical animal production. *Poult. Sci.* 87:380–6.
- Sodré Amaral, P. I., Ferreira, R. A., Pires, A. V., Fonseca, L. da S., Avelar Gonçalves, S., y Campos de Souza, G. H. 2014. Desempenho, comportamento e respostas fisiológicas de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de luz. *J Anim Behav Biometeorol.* 2:54–59.
- Špinko, M. 2006. How important is natural behaviour in animal farming systems? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 100:117–128.
- Strudsholm, K., y Hermansen, J. E. 2005. Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. *Livest. Prod. Sci.* 96:261–268.
- Sulbaran, L., Araque, H., Gonzáles, C., y Franklin, M. 2009. Comportamiento Productivo de Cerdos Nacidos y Terminados en Cuatro Modalidades Distintas de Alojamientos. *Rev. Cient. la Fac. Ciencias Vet.* XIX:49–54.
- Sutherland, M. A., Niekamp, S. R., Rodriguez-Zas, S. L., y Salk-Johnson, J. L. 2006. Impacts of chronic stress and social status on various physiological and performance measures in pigs of different breeds. *J. Anim. Sci.* 84:588–596.
- Talbot, R. B. 1963. Erythrocyte , plasma and total blood volumes of pigs from birth through six weeks of age. Iowa State University.
- Temple, D., Manteca, X., Velarde, A., y Dalmau, A. 2011. Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 131:29–39.
- Tepper Riera, R. J. 2006. Comportamiento Productivo de Cerdos Estabulados y A Campo Alimentados con Recursos Alternativos. UCV-FACV.
- Thornton, P. K., Jones, P. G., Alagarswamy, G., Andresen, J., y Herrero, M. 2010. Adapting to climate change: Agricultural system and household impacts in East Africa. *Agric. Syst.* 103:73–82.
- Toledo, J. B., Furlan, A. C., Pozza, P. C., Carraro, J., Moresco, G., Ferreira, S. L., y Gallego, A. G. 2014. Reduction of the crude protein content of diets supplemented with essential amino acids for piglets weighing 15 to 30 kilograms. *Rev. Bras. Zootec.* 43:301–309.
- Turner, S. P., Nevison, I. M., Desire, S., Camerlink, I., Roehe, R., Ison, S. H., Farish, M., Jack, M. C., y Eath, R. B. D. 2017. Aggressive behaviour at regrouping is a poor predictor of chronic aggression in stable social groups. *Appl. Anim. Behav. Sci.*

191:98–106.

- USDA. 2018. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. Disponible en: <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>
- Von Borell, E., Özpınar, A., Eslinger, K. M., Schnitz, A. L., Zhao, Y., y Mitloehner, F. M. 2007. Acute and prolonged effects of ammonia on hematological variables, stress responses, performance, and behavior of nursery pigs. *J. Swine Heal. Prod.* 15:137–145.
- Velarde, A., Fàbrega, E., Blanco-Penedo, I., y Dalmau, A. 2015. Animal welfare towards sustainability in pork meat production. *Meat Sci.* 109:13–17.
- Vitali, A., Lana, E., Amadori, M., Bernabucci, U., Nardone, A., y Lacetera, N. 2014. Analysis of factors associated with mortality of heavy slaughter pigs during transport and lairage 1. *J Anim Sci.* 92:5134–5141.
- Voigt, G. L., y Swist, S. L. 2011. *Hematology Techniques and Concepts for Veterinary Technicians*. Second Edi.
- Walker, P. K., y Bilkei, G. 2006. Tail-biting in outdoor pig production. *Vet. J.* 171:367–369.
- Wang, R. H., Liang, R. R., Lin, H., Zhu, L. X., Zhang, Y. M., Mao, Y. W., Dong, P. C., Niu, L. B., Zhang, M. H., y Luo, X. 2017. Effect of acute heat stress and slaughter processing on poultry meat quality and postmortem carbohydrate metabolism. *Poult. Sci.* 96:738–746.
- Webel, D. M., Finck, B. N., Baker, D. H., y Johnson, R. W. 1997. Time Course of Increased Plasma Cytokines, Cortisol, and Urea Nitrogen in Pigs Following Intraperitoneal Injection of Lipopolysaccharide. *J. Anim. Sci.* 75:1514–1520.
- Wegner, K., Lambertz, C., Das, G., Reiner, G., y Gauly, M. 2016. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Anim. Sci. J.* 87:1334–1339.
- Welfare Quality. 2009. *Welfare Quality® Assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs)*. Welfare Qu. Lelystad, Netherlands.
- Yonezawa, T., Takahashi, A., Imai, S., Okitsu, A., Komiyama, S., Irimajiri, M., Matsuura, A., Yamazaki, A., y Hodate, K. 2012. Effects of outdoor housing of piglets on behavior, stress reaction and meat characteristics. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25:886–894.
- Zimerman, M. 2012. Factores pre-faena causantes de estrés, su incidencia en el bienestar animal y en la calidad de la carne de chivitos Criollos Neuquinos y corderos Merino. Universidad Nacional del Comahue Centro Regional Universitario Bariloche.
- Zimerman, M., Grigioni, G., Taddeo, H., y Domingo, E. 2011. Physiological stress responses and meat quality traits of kids subjected to different pre-slaughter stressors. *Small Rumin. Res.* 100:137–142.



# APÉNDICE 1

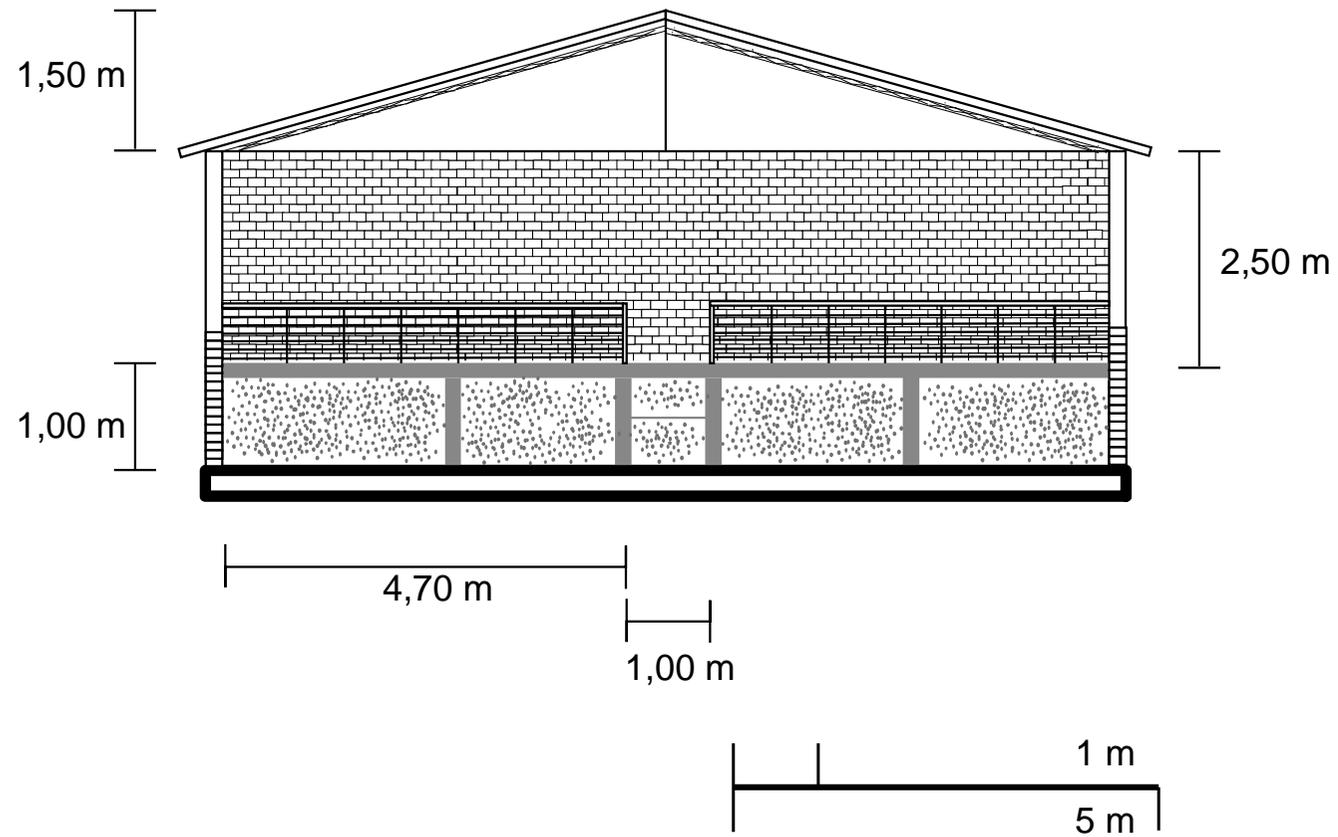
**Planilla de registro del número de animales realizando comportamientos (estados) y eventos**

FECHA:		COMPORTAMIENTO											EVENTO					
Rango	MIN	EXPLORAR	ACOSTADO	LOCOMOCIÓN	COMER	BEBER	B-N	DEFECA/ORINA	JUGAR	ESTEREOT	PARADO	SENTADO	B-N	PELEAS			DEFECA - ORINA	
														comed	bebed	otro		
hrs	0																	
	2																	
	4																	
	6																	
	8																	
	10																	
	12																	
	14																	
	16																	
	18																	
	20																	
	22																	
	24																	
26																		
28																		

Min	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	26	28	30
<b>Cerdo 1</b>															
B-N															
PELEA															
ORINA															
<b>Cerdo 2</b>															
B-N															
PELEA															
ORINA															
<b>Cerdo 3</b>															
B-N															
PELEA															
ORINA															

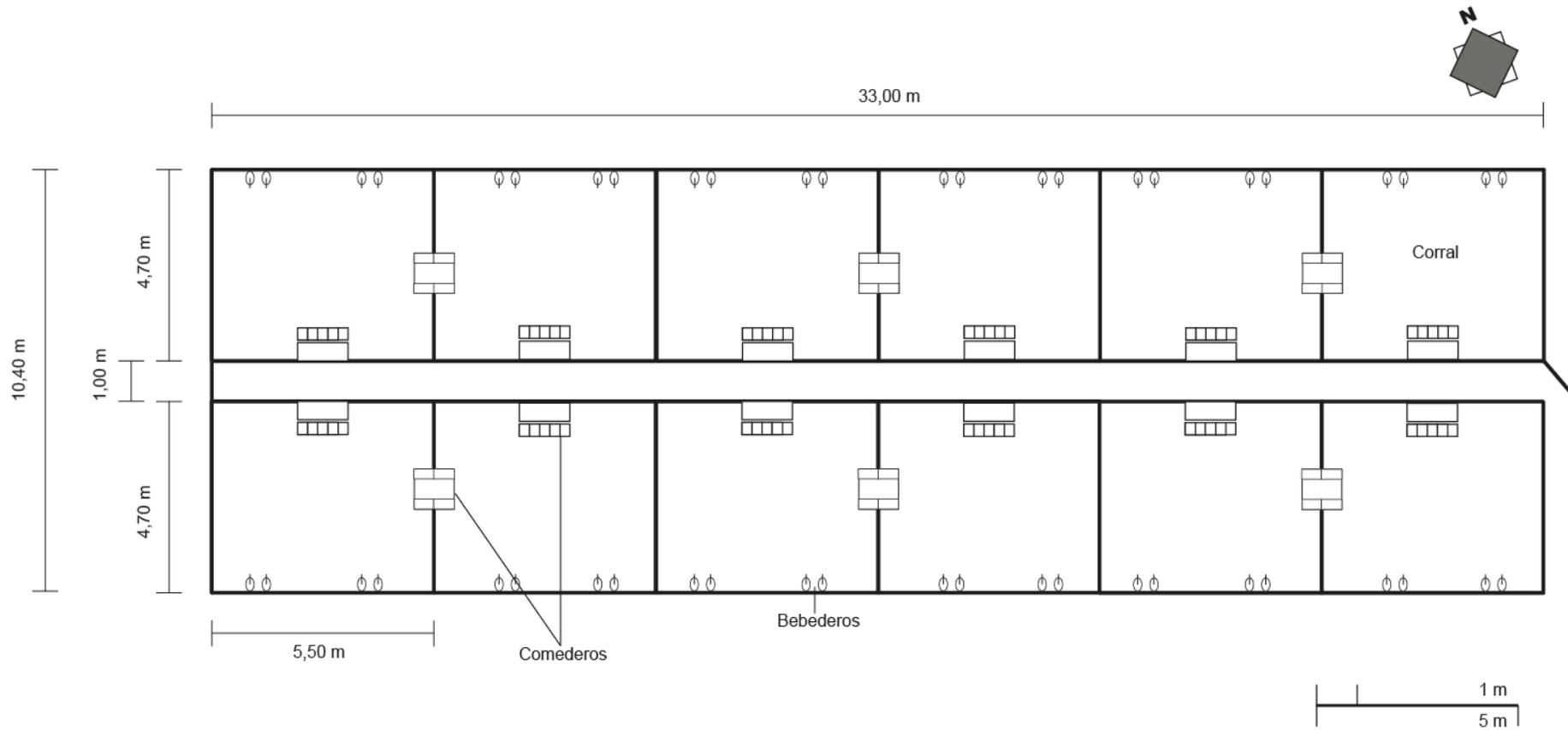
Referencias X:explora AS: Acostado C:comer P:Pastorear D:defecar Pa:parado E:estereotipia J:jugar S:sentado L:locomoción B:beber

## APÉNDICE 2



Corte de frente del galpón confinado de Crecimiento y Terminación con fosa húmeda.

## APÉNDICE 3



Planta longitudinal de galpón confinado de Crecimiento y Terminación con 12 corrales de piso enrejillado de cemento.