

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA



**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**POSGRADO INTERINSTITUCIONAL
EN CIENCIAS PECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y
BACTERIOLÓGICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD
E INOCUIDAD DE LA CARNE DE CERDO EN RELACIÓN
A SU MANEJO Y PROCESO DE OBTENCIÓN**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS**

PRESENTA:

M. en C. CARLOS ALBERTO CAMPOS BRAVO

COMITÉ TUTORAL

DR. AGUSTÍN RAMÍREZ ÁLVAREZ (DIRECTOR)

DR. EFRAÍN PÉREZ TORRES (ASESOR)

DR. DANIEL A.F. VILLAGOMEZ ZAVALA

DRA. ROCÍO FLORES BELLO

DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTAN

Las Agujas, Zapopan, Jal., 2006

POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

UNIVERSIDAD DE COLIMA

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS

COORDINACIÓN DE POSGRADO



COORDINACIÓN DE POSGRADO DE LA
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE.

Por este conducto nos permitimos enviar la **VERSION FINAL DE TESIS** que desarrolló el pasante de Doctorado en Ciencias Pecuarias de la Universidad de Guadalajara **M. en C. Carlos Alberto Campos Bravo**, cuyo titulo es:

“Evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos como indicadores de calidad e inocuidad de la carne de cerdo en relación a su manejo y proceso de obtención”.

Trabajo dirigido por: **Dr. Agustín Ramírez Álvarez**

Los que suscriben la presente avalan esta versión, la cual fue revisada y reúne los requisitos teóricos y metodológicos necesarios.

ATENTAMENTE

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 10 de Julio del 2006.

“2006. Año del Bicentenario del natalicio del Benemérito de las Américas
Don Benito Juárez García”

REVISOR
DR. AGUSTÍN RAMÍREZ ÁLVAREZ

REVISOR
DR. EFRAÍN PÉREZ TORRES

REVISOR
DR. DANIEL ANDRÉS F. VILLAGÓMEZ
ZÁVALA

REVISOR
DRA. ROCÍO FLORES BELLO

REVISOR
DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTAN

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1. INDICADORES DE CALIDAD TECNOLÓGICA	4
2.1.1. pH	7
2.1.2. Capacidad de Retención de Agua	9
2.1.3. Color	10
2.1.4. Caracterización del síndrome PSE	13
2.2. INDICADORES DE INOCUIDAD	18
2.2.1. Patógenos en carne	19
2.2.2. <i>Salmonella</i>	22
2.2.3. Calidad bacteriológica del aire en rastros	25
3. OBJETIVO GENERAL	28
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
4. HIPOTESIS	29
5. MATERIALES Y MÉTODOS	30
5.1. EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL	30
5.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN CARNE	31
5.2.1. Medición de pH	31
5.2.2. Medición de Temperatura	32
5.2.3. Medición de Capacidad de Retención de Agua	32
5.2.4. Medición de Color	32
5.3. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS	33
5.3.1. Determinación de <i>Salmonella</i>	33
5.3.2. Identificación del Peligro y Evaluación del Riesgo	34
5.3.3. Evaluación de la carga bacteriana en aire	35
6. RESULTADOS	37
6.1. EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL	37
6.1.1. Transporte al rastro	37
6.1.2. Recepción/Corrales	37
6.1.3. Insensibilización/Desangrado y Escaldado	37
6.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN CARNE	39
6.2.1. Medición de pH	39
6.2.2. Medición de Temperatura	40
6.2.3. Medición de Capacidad de Retención de Agua	40
6.2.4. Medición de Color	40

6.2.5.	Análisis estadístico entre mediciones <i>antemortem</i> y parámetros fisicoquímicos	41
6.2.6.	Frecuencia de carne con características normales o anormales	43
6.3.	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS	43
6.3.1.	Determinación de <i>Salmonella</i>	43
6.3.2.	Identificación del Peligro y Evaluación del Riesgo	44
6.3.3.	Evaluación de la carga bacteriana en aire	46
7.	DISCUSIÓN	52
7.1	EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN CARNE	52
7.1.1.	Transporte al rastro	52
7.1.2.	Manejo en recepción / corrales	53
7.1.3	Insensibilización/Desangrado	58
7.1.4.	Escaldado	60
7.1.5.	Parámetros Fisicoquímicos a los 45 minutos	61
7.1.6.	Parámetros Fisicoquímicos a las 24 horas	61
7.1.7.	Frecuencia de rendimientos subóptimos	62
7.2	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS	64
7.2.1	Determinación de <i>Salmonella</i>	64
7.2.2.	Evaluación de la carga bacteriana en aire	68
8.	CONCLUSIONES	71
9.	REFERENCIAS	72
10.	ANEXOS	84

ÍNDICE DE CUADROS

		Pag.
1	Descripción de algunos de los atributos en carne de cerdo	7
2	Estado químico de la Mioglobina	11
3	Peligros bacterianos asociados a los animales de abasto	21
4	Importancia relativa del cerdo como fuente de algunos patógenos	21
5	Evaluación del manejo de los cerdos	38
6	Tiempo promedio que dura un animal en cada etapa del proceso	38
7	Resumen de parámetros fisicoquímicos en carne de cerdo	39
8	Temperatura de la carne de cerdo	40
9	Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos en carne (45 min) y otras mediciones	42
10	Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos a los 45 minutos	42
11	Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos a las 24 horas	43
12	Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos 45 minutos - 24 h	43
13	Frecuencia de aislamientos de <i>Salmonella</i>	44
14	Casos acumulados de Enfermedades Infecciosas del Aparato Digestivo a la semana epidemiológica 52, en Jalisco	46
15	Análisis estadístico para determinar significancia entre cargas de bacterias mesofilas aerobias	47
16	Temperatura ambiental y humedad relativa promedio en la nave de sacrificio	48
17	Análisis estadístico para determinar significancia entre coliformes totales	50
18	Análisis estadístico para determinar significancia entre coliformes fecales	50
19	Regresión múltiple entre temperatura y humedad relativa ambientales y cuentas bacterianas en la nave de sacrificio	43
20	Regresión simple entre temperatura y humedad relativa ambientales y cuentas bacterianas en la nave de sacrificio	51
21	Distribución de géneros de coliformes fecales por cuadrante	51
22	Efecto de algunos factores exógenos sobre pH y color de la carne a los 45 minutos	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.	
1	Descenso del pH normal y en rendimientos subóptimos	17
2	Diagrama de flujo de las evaluaciones mediante indicadores de calidad	30
3	Diagrama de flujo de las evaluaciones mediante indicadores de inocuidad	33
4	Árbol de escenarios para la evaluación del riesgo	35
5	pH en carne de cerdo a los 45 minutos	39
6	pH en carne de cerdo a las 24 h	39
7	CRA en carne de cerdo a los 45 minutos	40
8	CRA en carne de cerdo a las 24 h	40
9	Color en carne de cerdo a los 45 minutos	41
10	Color en carne de cerdo a las 24 horas	41
11	Bacterias mesofilas aerobias en la nave de sacrificio con y sin matanza	47
12	Promedio de bacterias mesofilas aerobias por día	47
13	Organismos coliformes totales en la nave de sacrificio con y sin matanza	48
14	Promedio de coliformes totales por día	49
15	Organismos coliformes fecales en la nave de sacrificio con y sin matanza	49
16	Promedio de coliformes fecales por día	50

ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANETIF	Asociación Nacional de Empacadoras Tipo Inspección Federal
APHIS	Animal and Plant Healthy Inspection Service
ATP	Adenosintrifosfato
CCAC	Canadian Council on Animal Care
CCE	Comisión de las Comunidades Europeas
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CEC	Comisión of the European Communities
CEJ	Congreso del Estado de Jalisco
CIE	Clasificación Internacional de Enfermedades
CMP	Confederación Mexicana de Porcicultores
CRA	Capacidad de Retención de Agua
c.v.	Coefficiente de Variación
DFD	Dark, Firm and Dry (Oscuro, Firme y Seco)
ETA's	Enfermedades Transmitidas por Alimentos
E.U.A.	Estados Unidos de América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FSIS	Food Safety and Inspection Service
h	Horas
HR	Humedad Relativa
ICMSF	International Commission on Microbiological Specifications for Foods
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
ITESO	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente
L*	Luminosidad (Medida con el Cromómetro Minolta)
Mb	Mioglobina
min	Minutos
NOM	Norma Oficial Mexicana
NPPC	National Pork Producers Council
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
pH	Potencial Hidrógeno
PHS	Public Health Service of U.S.A
PSE	Pale Soft and Exudative (Pálido Suave y Exudativo)
PSS	Porcine Stress Síndrome (Síndrome de Estrés Porcino)
s	Desviación Estándar
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SAGAR	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SDREJ	Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Jalisco
SIAP	Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera
SS	Secretaría de Salud
SSJ	Secretaría de Salud Jalisco
TIF	Tipo Inspección Federal
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UMVV	Universidad de Medicina Veterinaria de Viena

USDA	United States Department of Agriculture
WHO	World Health Organization
WSPA	World Society for the Protection of Animals
\bar{x}	Promedio

En la presente investigación también se emplean las siguientes siglas:

ABRV	Agar bilis rojo violeta
AME	Agar para Métodos Estándar
APB	Agua Peptonada Buffer
ARM	Actividad Reductora de la Metamioglobina
BMA	Bacterias Mesofilas Aerobias
CM	Con Matanza
LIA	Lysine Iron agar (Agar Hierro Lisina)
mRV	Modified Rapaport Vassiliadis broth (Caldo Rappaport Vassiliadis modificado)
NLM	Nódulos Linfáticos Mesentéricos
OCT	Organismos Coliformes Totales
OCF	Organismos Coliformes Fecales
RMG	Rastro Municipal de Guadalajara
SM	Sin Matanza
TSI	Triple Sugar Iron agar (Agar Hierro Triple Azucar)
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
XLT	Xylose Lysine Tergitol agar (Agar Xilosa Lisina Tergitol)
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara

RESUMEN

Evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos como indicadores de calidad e inocuidad de la carne de cerdo en relación a su manejo y proceso de obtención. Campos Bravo Carlos Alberto. Comité Tutorial: Agustín Ramírez Álvarez, Efraín Pérez Torres, Daniel A.F. Villagomez Zavala, Rocío Flores Bello y Teódulo Quezada Tristan. La etapa de obtención de la carne es crucial ya que en ella se pueden disminuir o añadir patógenos peligrosos para el consumidor final (como *Salmonella*) y microorganismos deterioradores, así como por llegar a favorecer la presencia de alteraciones que el consumidor y la industria consideran indeseables, como el síndrome Pálido Suave Exudativo (PSE), debido al mal manejo de los animales. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos como indicadores de calidad e inocuidad de la carne en las condiciones usuales de operación de un rastro municipal tecnificado. Como indicadores de calidad, se realizaron las evaluaciones de: Bienestar animal y parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, CRA y color) en carne a los 45 min y 24 h *postmortem*. Como indicadores de inocuidad se efectuaron análisis de *Salmonella* y cuentas bacterianas en aire (BMA, OCT y OCT). En el bienestar, el intervalo entre insensibilización y desangrado fue excelente. Diseño, tiempo de descanso, densidad animal, animales que resbalan durante el arreo al lugar de insensibilización y tiempo de insensibilización fueron aceptables. Animales que caen durante el arreo al lugar de insensibilización, no aceptable. Vocalizaciones en el restrainer, colocación incorrecta del aparato de insensibilización, animales sensibles o parcialmente sensibles, disponibilidad de agua y animales arreados con electricidad, problema serio. Las mediciones *antemortem* no presentaron correlaciones importantes en relación a los parámetros fisicoquímicos a las 24 h ($p > 0.5$). Se detectaron Coeficientes de Correlación altamente significativos para pH_{45} y $Color_{45}$ ($r = 0.73$), en relación a las mediciones consideradas como puntos de control. El porcentaje de aislamientos de *Salmonella* en piel (33 %) y en heces rectales (29 %), no presentó diferencias significativas en X^2 . En Nódulos Linfáticos Mesentéricos (NLM) los hallazgos indican que el 46 % de los cerdos son portadores de la bacteria. En piel *postmortem* la frecuencia fue de 52 %. X^2 entre heces y piel *postmortem* presentó diferencias significativas ($p < 0.05$). A partir de las muestras de piel *postmortem* se encontraron los siguientes serotipos: S. Typhimurium, S. Enteritidis, S. Derby, S. Anatum, S. Senftenberg y S. London. El promedio de BMA con matanza en los tres días fue de $3.9 \log_{10} \text{ UFC/m}^3$ de aire y sin matanza 3.7, solo el miércoles $p < 0.01$. El promedio de OCT con matanza se situó en $1.7 \log_{10} \text{ UFC/m}^3$ de aire, de los cuales 1.6 fueron OCF, en tanto que sin matanza fue de 0.6, todos los OCT fueron OCF ($p < 0.01$). El 14 % de carnes son PSE, el 50 % presenta pH normal pero coloraciones gris-rosa, el 36 % carnes que el consumidor acepta. Se sugiere como puntos de control de proceso en relación a la calidad de la carne: Temperatura/Tiempo de escaldado, Temperatura/Humedad relativa en corrales y Tiempo de insensibilización. El riesgo de la presencia de *Salmonella* en canales es elevado. Durante la matanza, el nivel de aerosoles y por lo tanto de bacterias, se elevan en la nave de sacrificio, asociado al funcionamiento de la maquinaria. Las BMA aumentan a H.R. elevadas y los OCT y OCF se incrementan con el aumento de la Temperatura ambiental.

Palabras clave: Bienestar animal, PSE, *Salmonella*, calidad del aire

1. INTRODUCCIÓN

La carne es uno de los alimentos que por su alto valor biológico es recomendado como parte de la dieta humana básica, ya que aporta: Proteínas y aminoácidos esenciales; Grasas y ácidos grasos esenciales; Vitaminas y Minerales (Varnam y Sutherland, 1998; Buege, et al., 1998). Los atributos de calidad de la carne, además incluyen: aspectos fisicoquímicos, así como problemas microbiológicos, de aditivos y de residuos tóxicos (Pellet y Young, 1990).

Diversos factores influyen para que la carne sea ingerida, inicialmente el consumidor hace uso de la valoración sensorial mediante el aroma, color y consistencia, es decir, aspectos estéticos, a los que luego se agregan jugosidad, sabor y ternura, sin embargo, no siempre es posible detectar la presencia de microorganismos deterioradores y mucho menos de patógenos, los cuales encuentran en la carne un sustrato idóneo para su crecimiento y proliferación (Pellet y Young, 1990; Varnam y Sutherland, 1998).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante la competencia desleal provocada por la globalización se requiere más que antes el monitoreo de los parámetros relacionados con la calidad e inocuidad de la carne, tendientes a proveer tanto al consumidor como a la industria de mejores productos y materias primas respectivamente. En nuestro país ante la apertura de las fronteras principalmente por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), no se cuenta con la normatividad necesaria relacionada a la inocuidad y a la caracterización de la calidad de la carne, por lo que no se tienen lineamientos de aceptación o rechazo.

En diversos países como Estados Unidos y Australia, tanto la carne como los productos cárnicos para consumo interno, así como los de importación, están sujetos al cumplimiento de rigurosas medidas sanitarias estandarizadas. México, durante mucho tiempo tuvo leyes, reglamentos y normas obsoletos, solo como referencias teóricas. A partir de acuerdos comerciales internacionales, la calidad e inocuidad de la carne se ha convertido en un problema transfronterizo, por lo que se ha exigido homologar el marco jurídico en la materia (Tipo Inspección Federal (TIF) / TLCAN), lo que se ha hecho por medio de la adopción parcial (más que adaptación) de la normatividad extranjera. El problema es que se tiene una legislación de primer mundo vs una realidad de país en desarrollo.

Desde el 29 de marzo de 2002, en México numerosos productos quedaron sujetos al control oficial, dejando a un lado a las carnes. Por lo anterior, la Secretaría de Salud señala a la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, en una Manifestación de Impacto Regulatorio, que como resultado de la apertura comercial, se han incrementado los riesgos sanitarios derivados de agentes patógenos, lo que ha provocado una emergencia sanitaria, sin olvidar las carnes con características organolépticas y fisicoquímicas indeseables. Los porcicultores mexicanos no han podido ingresar a mercados internacionales, básicamente por efecto de barreras sanitarias y de carácter administrativo (Gaceta Parlamentaria, 2002).

La ausencia de datos confiables sobre las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), impide conocer su magnitud real en salud pública y desarrollar esquemas de prevención que provean soluciones basadas en la evaluación de riesgos (WHO, 2006). FAO/OMS (2002), señalan que ante la apertura de los mercados internacionales, pueden surgir exportaciones - importaciones de productos de calidad e inocuidad inferiores a las exigidas en las normas del país de origen, lo cual puede estar ocurriendo actualmente en México, con la carne, desplazando a la producción nacional (Anexo I).

Las importaciones (Anexo I) han propiciado la quiebra de que por lo menos 130 granjas de los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro y Michoacán y una reducción de 40 % en el número de porcicultores en el país, también ha impactado a la producción de granos, ya que se han dejado de consumir 1.5 millones de toneladas métricas anuales. Lo cual ha provocado que el precio nacional del cerdo en pie y de la carne, caiga un 30% (CMP, 2003).

1.2. JUSTIFICACIÓN

La competitividad de esta industria depende más que en el pasado de la investigación científica. Amplios programas en calidad e inocuidad son esenciales para la industria del cerdo en México, dirigirlos sobre aspectos de medioambiente y bienestar animal con soluciones basadas en la ciencia, puede ayudar a mejorar la percepción pública de la industria del cerdo, mantener la confianza del consumidor en las cualidades sensoriales y de inocuidad de este tipo de carne, es vital para mantener una demanda consistente de la misma. En la República Mexicana el consumo aparente de carne de cerdo fue en el 2004, de 1 645 (miles de toneladas), ocupa el segundo lugar después del pollo (INEGI, 2006a).

Dentro de las prioridades en investigación y extensión para la industria del cerdo en los E.U.A., el Consejo nacional de productores de cerdo, estableció 17 áreas, entre ellas desarrollar y aplicar procedimientos para mejorar la inocuidad de la carne de cerdo, determinar como los métodos de producción y el procesamiento influyen la calidad del cerdo y desarrollar estrategias para mejorar la calidad del aire en la proximidad de los sitios en los que se mantengan los cerdos (NPPC, 2003), aspectos que se abordan en la presente investigación.

Es importante entender como los agentes infecciosos entran y se diseminan a lo largo de la cadena alimenticia, para poder prevenir o minimizar la exposición de los consumidores a tales agentes, sin descuidar las posibles alteraciones de los alimentos (WHO, 1999), por lo cual, además de los aspectos económicos se hace necesario regular, fijando valores y límites de parámetros, situación que conlleva la necesidad de hacer coincidir política y práctica, lo cual se consigue mediante el estudio científico y técnico de la realidad, con el fin de hacer que las disposiciones regulatorias, realmente sean aplicables (FAO/OMS, 2002).

No existe información suficiente en nuestro país, que relacione el manejo *antemortem* de los animales con dos aspectos importantes para el consumidor y la industria de la carne: la inocuidad, y los parámetros de calidad. Las autoridades promocionan actualmente el consumo de la carne Mexicana, que cumple con los parámetros de frescura, de acuerdo al Codex Alimentarius (1994), solo la carne refrigerada es considerada como fresca (incluida la empacada en atmósferas modificadas o al vacío), pero no la carne congelada, ambos tipos son actualmente importados. Los productores nacionales de carne, pretenden limitar las importaciones invocando criterios de calidad e inocuidad, que aún no están establecidos para el mercado nacional. Internacionalmente es bien sabido que no se puede exigir a otro país algo que no se exija en el comercio interno.

Hasta hace algunos años, los estudios relacionaban directamente los efectos de los aspectos de producción (genética, nutrición) sobre la calidad de la canal/carne, ignoraban una etapa fundamental, el proceso de obtención (manejo pre-sacrificio y faenado), que son determinantes en calidad e inocuidad de la carne. En México, se requieren múltiples estudios (causa – efecto) que nos permitan conocer la realidad de dichos aspectos en nuestro medio, ante la imposibilidad de adoptar normas extranjeras (transporte, descanso, proceso), debido a las diferentes condiciones que en México se presentan (clima, manejo, trato humanitario).

2. ANTECEDENTES

La cadena de suministro de la carne tiene varios eslabones y en cada uno de ellos existen numerosas posibilidades de deterioro de la calidad de la misma (Borch, et al., 1996). La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la etapa de obtención de la carne es crucial ya que en ella se pueden disminuir o añadir contaminantes biológicos, peligrosos para el consumidor final, sobre todo de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* y *Listeria monocytogenes*, entre los más importantes y de microorganismos deterioradores (WHO, 1995), así como por llegar a favorecer la presencia de alteraciones que el consumidor y la industria consideran indeseables, por ejemplo los síndromes Pálido, suave, exudativo (PSE y Oscuro, firme, seco (DFD, por sus siglas en inglés), debidos al mal manejo de los animales (Grandin, 2000b).

En México los rastros municipales sacrifican alrededor del 50 % de animales destinados al consumo humano, la matanza *in situ* representa aproximadamente el 30 % y los rastros TIF el 20 % del total nacional (FAO, 2003). Se estima que el 60% de la carne producida en el país se comercializa en forma de canal caliente, lo que afecta la calidad e inocuidad del producto que llega al consumidor (Ruiz, 2004). En este contexto, la Comisión del Codex Alimentarius señala que la ciencia veterinaria y la ciencia de la higiene de la carne deben aplicarse a toda la cadena alimentaria con objeto de que la carne fresca procedente de los animales sacrificados sea inocua y sana, lo cual implica que la carne haya sido aprobada como apta para el consumo humano, es decir, que este libre de alteración, adulteración y/o contaminación (Codex, 1994).

2.1. INDICADORES DE CALIDAD TECNOLÓGICA

A partir del informe Brambell (1965), en el que se establecieron las cinco libertades de los animales domésticos al ser confinados por el hombre (pararse, acostarse, asearse normalmente, darse vuelta y estirarse), el bienestar animal ha sido un tema de creciente interés para los productores y la opinión pública. El objetivo general del bienestar animal es evitar a los animales (reconocidos como seres sensibles) todo dolor o sufrimiento innecesario a través de la concientización de los tenedores de animales (tanto dueños como cuidadores) o de aquellos que los manejan (WSPA y University of Bristol, 2004; CCE, 2006a).

Posteriormente las cinco libertades, se han modificado y son las siguientes: 1) Libre de hambre y sed; 2) Libre de incomodidad; 3) Libre de dolor, lesión y enfermedad; 4) Libertad para expresar un comportamiento normal; 5) Libre de miedo y estrés (WSPA, 2004).

En la Unión Europea se han estado realizando cambios a la legislación, por presiones sociales y políticas, los cuales parten del Plan de acción comunitario sobre protección y bienestar de los animales 2006-2010 (CCE, 2006a; CCE, 2006b). Respecto a los animales de abasto, se abordan la explotación (en particular, de las gallinas ponedoras, las terneras y los cerdos), el transporte y el sacrificio, involucrando aspectos como el uso de medicamentos y el diseño de instalaciones (CEC, 2006).

En los Estados Unidos de América, el Código de Regulaciones Federales contiene un apartado en relación al bienestar animal, en el cual se hace referencia entre otros aspectos, al transporte, al manejo, al diseño de instalaciones y a un adecuado cuidado veterinario (USDA/APHIS, 1991).

En Canadá se han enfocado más hacia el bienestar de los animales transgénicos y los usados en investigación y educación (CCAC, 1998a; CCAC, 1998b), aunque los aspectos básicos también se aplican a los animales de abasto.

En la legislación Mexicana, se aborda el bienestar de los animales llevados al sacrificio, en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas: NOM-008-ZOO-1994 (Especificaciones para corrales de rastros); NOM-009-ZOO-1994 (Tiempo de descanso en corrales); NOM-024-ZOO-1995 (Características zoosanitarias para el transporte de animales); NOM-033-ZOO-1995 (Procedimientos para insensibilización y desangrado); NOM-051-ZOO-1995 (Trato humanitario en la movilización de animales). (SARH, 1994a; SARH, 1994b; SAGAR, 1995; SAGAR, 1996b; SAGAR, 1998). La Ley de protección a los animales en Jalisco, tiene un apartado referente al sacrificio de los animales (CEJ, 1983).

Lo anterior se está convirtiendo cada vez más en un asunto de primordial importancia para las plantas de sacrificio, el consumidor (Stegen, 1993; Von Wenzlawowicz, et al., 1994; Cortesi, 1994; Grandin, 2000b; Muñoz, 2002) y los grandes compradores de carne, estos últimos han comenzado a practicar auditorías, no solo sobre la calidad bacteriológica, sino sobre las prácticas de manejo e insensibilización de los animales, ya que esto influye sobre la pérdida de calidad del

producto, pudiendo repercutir en la presentación de rendimientos subóptimos (PSE o DFD) (Grandin, 2000b; Chambers y Grandin, 2001).

No existe un consenso científico sobre los criterios ideales para medir el bienestar animal, es generalmente aceptado que puede ser determinado valorando: fisiología, manejo, desempeño y salud (NPPC, 2003). El confinamiento de los animales está influido por tres factores: a) Ambiente físico (temperatura, ventilación, humedad, iluminación, concentración de gases, tipo de piso, espacio, sonidos nuevos y de alta intensidad, etc.); b) Ambiente social (presencia o ausencia de otros animales, jerarquías sociales, tamaño de grupo, etc.); c) Ambiente de manejo (dieta, manejo del operario) (WSPA, 2004).

Los cambios fisiológicos descritos para animales que sufren dolor, también han sido descritos para animales estresados por situaciones no dolorosas, aunque el nivel de los cambios puede ser menor. El manejo inadecuado del animal, lo estresa y determina complejas reacciones de perturbaciones metabólicas, que se traducen en problemas patológicos y rendimientos subóptimos. Estos cambios resultan de la estimulación del eje Hipotalámico-Pituitario-Adrenal, con aumento en la secreción de corticosteroides y catecolaminas, así como también puede haber cambios en la secreción de la glándula adrenal. Se presentan aumento de la frecuencia cardíaca (por lo tanto de la presión sanguínea), respiratoria, modificaciones enzimáticas y hormonales, sobretodo cuando el animal tiene miedo. Lo cual provoca un desequilibrio fisiológico, entre otros sobre los sistemas digestivo e inmunitario. La inmunosupresión transitoria favorece la disminución de la capacidad biológica de la barrera gastrointestinal permitiendo la proliferación y diseminación de patógenos en el animal, mismos que potencialmente pueden llegar a contaminar instalaciones y equipo, pero sobre todo la canal que será destinada al consumo humano, paralelamente la inmunosupresión tiene efectos sobre los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la carne, presentándose defectos como los síndromes PSE y DFD, la carne que los presente no cubre las características deseables por el consumidor y por la industria ya que la carne es también una materia prima. La supresión de algunos elementos del sistema inmune, se utilizan como un subindicador de problemas de estrés cuando otros signos han retornado a sus valores normales (CCAC, 2006).

El aumento en los valores de los indicadores fisiológicos de estrés (Corticosteroides y catecolaminas), se puede detectar cuando está presente el estímulo, al desaparecer este, los indicadores regresan a sus niveles normales, por lo que el hecho de detectar valores normales, no

puede considerarse como evidencia de no estrés, ya que el efecto de los mismos si persiste y se refleja en la calidad de la carne. En animales que fueron estresados en etapas tempranas, los signos conductuales persisten y el animal desarrolla estereotipos en su conducta, por lo que estos últimos pueden ser utilizados como indicadores de condiciones estresantes. En pocos casos las actividades estereotípicas pueden resultar en daños físicos para el animal. Las vocalizaciones se presentan cuando el estrés o la falta de confort son excesivos, la actitud es usualmente alerta y responsiva, aunque algunas veces puede presentar depresión, la ingesta de alimento y agua generalmente decrece sobre todo si esta asociada al dolor, la emisión de orina y la defecación pueden incrementarse y presentar diarrea, hay piloerección y reducido autocuidado (Chambers y Grandin, 2001; CCAC, 2006).

Las desviaciones en las cualidades funcionales (cambios fisicoquímicos) que sufre el músculo al transformarse en carne, son resultado de variaciones genéticas y metabolismo muscular, así como de manejo y métodos de procesamiento, los cuales influyen en su apariencia final (Kropf, 2002; NPPC, 2003). Un componente esencial para agregar valor a los productos cárnicos de cerdo, es que la carne tenga excelente color, textura y capacidad de retención de agua (Cuadro 1), la carne de cerdo normal debe ser rosa-roja, firme y no exudativa.

Cuadro 1.- Descripción de algunos de los atributos en carne de cerdo (Nold, 2001).

Atributo	Deseable	Indeseable	
		PSE	DFD
Color	Rosa-rojo	Pálido	Oscuro
Firmeza	Firme	Suave	Firme extremo
Humedad	No Exudativa	Exudativa	Seca

2.1.1. pH

Este parámetro fisicoquímico es ampliamente usado como indicador de calidad de la carne, auxilia en la identificación de los llamados rendimientos subóptimos (carnes PSE y DFD). El rango y velocidad de producción de ácido y el pH final tienen efecto en diversas propiedades de la carne, tales como color, capacidad de retención de agua (CRA), conductividad, solubilidad de proteínas e índice de descomposición por bacterias (Bañón, et al., 1998; Cornforth, 1999; Lien, 2003).

Al ser sacrificado el animal se suspende el flujo sanguíneo y con él el aporte de oxígeno y glucosa (entre otros), así como la eliminación de subproductos del metabolismo muscular como

el ácido láctico, el cual en el animal vivo es transportado al hígado para convertirlo en glucosa (Ciclo de Cori). Se presentan cambios en el metabolismo anaeróbico. Los animales en los que ha aumentado la temperatura corporal por efecto del estrés, probablemente presentarán carne PSE, ya que el perfil hormonal causa la alteración de la glucólisis, por efecto de la epinefrina. La glucólisis genera calor que se suma al generado por efecto del estrés, provocando la carne PSE, dicho efecto junto con el pH ácido exagera la desnaturalización de proteínas (Velazco, 2001a).

La epinefrina no solo es un neurotransmisor del cerebro, sino una de las hormonas más importantes del organismo. La médula de la glándula suprarrenal segrega epinefrina en respuesta a la disminución de la glucosa en sangre, el ejercicio y otras formas de estrés agudo. La epinefrina produce varias respuestas: descomposición de glucógeno a glucosa en hígado; liberación de ácidos grasos del tejido adiposo; vasodilatación de las arterias pequeñas dentro del tejido muscular; y aumenta el ritmo y fuerza de los latidos cardíacos (CCAC, 2006)

Los cambios fisiológicos justo antes de morir el animal y los que se llevan a cabo por efecto del desangrado, conduce a la acumulación de ácido láctico, por las siguientes vías:

- El déficit de oxígeno, ya sea a nivel celular o mitocondrial da lugar a un funcionamiento limitado del ciclo de Krebs, y por tanto a una limitada capacidad de producción de energía (ATP), lo que estimula aun más la glucólisis anaeróbica y con ello la formación de ácido pirúvico. Este último compuesto que al no poder ser metabolizado a través de la vía aeróbica (por la ya citada limitación del ciclo de Krebs) es convertido en ácido láctico. 1 mol de glucosa produce 2 mol de ácido láctico.
- Limitación de la actividad enzimática, principalmente de la Piruvato Deshidrogenasa, que no puede transformar todo el ácido pirúvico producido e incorporarlo al ciclo de Krebs. En este caso no sería la limitación del ciclo de Krebs para metabolizar el ácido pirúvico, sino que el ácido pirúvico no llegaría al ciclo de Krebs al producirse una saturación enzimática, y es convertido en ácido láctico.
- El sistema Adenil-ciclasa o Beta-adrenérgico (principalmente la Epinefrina y la Norepinefrina) es un potente estimulador de la glucólisis y por tanto de la producción de ácido láctico. Existe una alta correlación ($r = 0,979$) entre el llamado Umbral de Epinefrina y el Umbral de Lactato, es decir, que las variaciones en las concentraciones de lactato están ligadas con las variaciones de estas catecolaminas.

La desaparición de glucógeno y la formación de ácido láctico son factores relacionados, pues en ausencia de oxígeno, la cantidad del ácido formado equivale a la cantidad del glucógeno que desaparece, esta reacción produce energía rápidamente. El ácido láctico es el responsable de los cambios de pH en el músculo, de 7.4 a 5.4 en condiciones normales. En ciertas ocasiones el pH no declina lo suficiente por la falta de glucógeno, alcanzando valores de 6.2 o más (Carne DFD). Si la caída del pH es demasiado acelerada aunada a elevación de la temperatura, se llega a valores de 5.8 o menos a los 45' *postmortem* (Carne PSE) (Nelson, 2000; Velazco, 2001b).

2.1.2. Capacidad de retención de agua

Se define como la habilidad de la carne para retener agua durante la aplicación de fuerzas externas, tales como: cortado, cocimiento, molido o presionado. Se refiere a la capacidad de retener el agua propia, así como a la fijación de agua adicional, lo cual tiene gran valor tecnológico en la fabricación de embutidos y es importante económicamente por el efecto que tiene en la sensación de jugosidad, otro atributo de calidad para que el consumidor acepte o rechace la carne. La falta de jugo esta asociada con la ausencia de sabor y el incremento de dureza (Bendall y Swatland, 1988; Kauffman, et al., 1993).

Cuando la glucólisis es rápida conduce a la acumulación de ácido láctico de manera inmediata, lo cual libera una gran cantidad de energía, que aunado a la gran acidez, desnaturaliza proteínas sensibles, rompiendo membranas celulares, permitiendo así la salida de sarcoplasma al espacio extracelular y por lo tanto de iones. Lo anterior da como resultado una baja capacidad de retención de agua y una alta conductividad (Doumit y Bates, 1999).

La glucólisis rápida y la declinación del pH en los cerdos susceptibles al estrés, han sido asociadas con el incremento de la actividad de la piruvato quinasa (una enzima que regula la glucólisis), debido a la fosforilación de la enzima (Doumit y Bates, 1999).

Cuando disminuye la "grasa de cobertura", también disminuye el "marmoleo". Decrecer la cantidad de "marmoleo" puede reducir la intensidad del sabor y terneza de la carne, es decir, la carne tenderá a ser más dura y con menor capacidad de retención de agua (Nold, 2001; Lien, 2003).

2.1.3.- Color

El precio determina de manera importante la selección de un producto alimenticio, en seguida el consumidor observa el color, para tomar su decisión final en relación a la aceptabilidad de la carne y los productos cárnicos. Los cambios de color (deseables e indeseables) asociados con el músculo y los pigmentos sanguíneos son un factor determinante, ya que el consumidor asocia este parámetro con el concepto de frescura (Morgan y Forrest, 1997; Cornforth, 1999; Pearson, 1999; Kropf, 2002).

El desangrado adecuado del animal, permite la eliminación del 60 % de la sangre y con ella la hemoglobina del músculo, en tanto que la mioglobina (Mb) presente en el músculo sigue estando activa, aún cuando ya no reciba oxígeno de la hemoglobina. La concentración total de pigmentos, su estado químico (Cuadro 2) y otros parámetros fisicoquímicos del músculo, determinan el color de la carne fresca (Cornforth, 1999; Kropf, 2002).

El polipéptido globina consta de ocho segmentos helicoidales, que forman una estructura alrededor del grupo hidrofóbico hemo, el cual está orientado con el grupo vinil hacia el interior hidrofóbico de la caja y el ácido propiónico hacia la superficie externa de la molécula. Esta naturaleza resonante del conjugado de cadena doble del hemo, es la responsable de la habilidad de la mioglobina para absorber la luz visible (Nelson, 2000).

El tipo de fibra muscular y por lo tanto la concentración de Mb presente en el músculo, es en función de la especie, tipo de actividad (localización anatómica), así como por la edad, abastecimiento de sangre y disponibilidad de oxígeno en el animal (ejercicio). Altas concentraciones de Mb, producen colores oscuros, mientras que bajas concentraciones producen colores pálidos. Los animales viejos por lo general tienen altas concentraciones de Mb, animales jóvenes tienen colores de carne más luminosos debido a la menor cantidad de pigmentos musculares. El ejercicio pesado provoca que se requiera mayor oxigenación muscular, por lo cual aumenta la cantidad de Mb y el color del músculo se oscurecerá, esto es más evidente en músculos locomotores que en los de soporte. Cuando se reposa decrece el nivel de pigmentos, por lo que el color del músculo se torna más luminoso (Cornforth, 1999; Kropf, 2002).

Cuadro 2.- Estado químico de la Mioglobina (Cornforth, 1999; Kropf, 2002).

VALENCIA DEL Fe	COMPUESTO	COLOR	NOMBRE
Fe ⁺⁺ Ferroso (Covalente)	:O ₂	Rojo Luminoso	Oximioglobina
	:H ₂ O	Púrpura	Deoximioglobina o Mioglobina Reducida
	:CO	Rojo	Carboximioglobina
	:NO	Rosa (Curado)	Moglobina Óxido Nítrico
Fe ⁺⁺⁺ Férrico (Iónico)	⁻ SH	Verde	Sulfomioglobina
	⁻ H ₂ O ₂	Verde	Coleglobina
	⁻ OH	Café	Metamioglobina
	⁻ CN	Rojo	Cianometamioglobina

La mioglobina se encuentra en grandes cantidades en los músculos con mayor proporción de fibras rojas, donde funciona como un almacenador y facilitador del transporte de oxígeno, hasta que éste es requerido por las enzimas respiratorias mitocondriales, la carne de cerdo tiene un nivel de Mb de 7.0 mg/g. La porción globina de la molécula le confiere solubilidad en agua sobre el grupo hidrofóbico hemo y protege al hierro de la oxidación. La oxidación de OxiMb a MetaMb es mucho más lenta que el proceso correspondiente para el hemo libre en un factor 10⁸ (Nelson, 2000).

Diversos factores influyen la estabilidad del color en la carne fresca, tales como la actividad enzimática, variación entre músculos, resistencia de la mioglobina a la oxidación, aplicación de estimulación eléctrica, empaque al vacío, tensión de oxígeno, el crecimiento microbiano, el pH *postmortem*, la actividad reductora de la metamioglobina (ARM), la exposición a la luz y los reductantes exógenos o agentes antimicrobianos (Cornforth, 1999).

2.1.1.1. Tensión de Oxígeno. Al entrar en contacto la superficie de la carne con el aire, esta se oxigena, formando oximioglobina a partir de mioglobina, lo que le da una apariencia de frescura, bajando la temperatura se puede acelerar este efecto, cuando se aumenta la temperatura tiende a decrecer el espesor de la capa de oximioglobina. Debajo de la capa roja de tejido oxigenado, se encuentra la capa púrpura oscuro de tejido no oxigenado. En la carne el máximo rango de oxidación de mioglobina ocurre a una presión parcial de oxígeno de 6 a 7 mm Hg (en solución pura ocurre a 1-1.4), lo cual es indicativo de que se requiere una gran cantidad de oxígeno debido a las reacciones de competencia como la citocromo oxidasa mitocondrial (Cornforth, 1999; Nelson, 2000)

El músculo tiene en estado normal diferentes presiones de oxígeno, razón por la cual pueden estar presentes las formas químicas oxi, deoxi y metamioglobina, en diferente proporción y ubicación. Las reacciones de las tres son reversibles y están en constante cambio estableciéndose un equilibrio dinámico, regulado por la actividad reductora de la metamioglobina (Nelson, 2000; Lien, 2003). La oxigenación de la Mb produce OxyMb (rojo luminoso), la oxidación produce MetaMb (café oscuro) (Cornforth, 1999).

La brillantez y la saturación del color de la carne fresca, dependen de la profundidad que ha alcanzado el oxígeno en el músculo y la presión parcial de O₂ en el área. El consumo de oxígeno disminuye conforme pasa el tiempo *postmortem*. A temperaturas elevadas y pH cercanos a la alcalinidad, se favorece el consumo enzimático de oxígeno y se limita la penetración del mismo. Un ambiente como el utilizado en las atmósferas modificadas (80 % oxígeno, 20 % CO₂) ocasiona que la OxiMb se forme al doble de profundidad que cuando la carne se expone al aire, al perderse el oxígeno empieza a aparecer el color café de la metamioglobina, capa que va siendo más gruesa con el paso del tiempo. El consumidor rechaza la carne por su color café cuando ésta alcanza aproximadamente el 40 % de metaMb sobre la superficie (Kropf, 2002; Lien, 2003).

2.1.1.2. Crecimiento microbiano. Cerca del 50 % decrece la capacidad de oxigenación de la carne, por la formación de metaMb debida a la presencia de bacterias. El color de la superficie se torna de café a púrpura (el color de la Mb reducida en la carne fresca) debido a las condiciones reductoras producidas por una alta carga bacteriana. Las altas temperaturas en la superficie de la carne aceleran el deterioro de su color por oxidación y por el metabolismo microbiano. A partir de la Mb reducida y la metaMb, las bacterias pueden formar coleglobina o sulfomioglobina, que proveen las coloraciones verdes, asociadas a la descomposición (Kropf, 2002).

2.1.1.3. Actividad reductora de la metamioglobina (ARM). La formación de la metaMb en la superficie de la carne, depende de la velocidad de autooxidación de la oximioglobina y de la efectividad de los sistemas enzimáticos reductores de la metamioglobina, ya que a partir de este compuesto por reducción, se forma la mioglobina reducida y enseguida por oxigenación se forma oximioglobina. La ARM es mayor en músculos de soporte y menor en los locomotores (Varnam y Sutherland, 1998; Lien, 2003).

La naturaleza de los sistemas enzimáticos reductores de la Mb en la carne, no se conoce por completo, existen sistemas aerobios y anaerobios, se cree que estos últimos son de mayor

importancia. La actividad es mayor a valores de pH superiores a 5.8. La actividad metahemoglobina residual puede estar presente en la carne como consecuencia de la sangre retenida y esta enzima puede contribuir al control de la decoloración, ya que también puede reducir la metaMb (Varnam y Sutherland, 1998).

La capacidad de reducción del músculo, es la que permite que la carne, sobretodo la envasada, retorne al color rosa en cerdo y rojo luminoso en res. La ARM se va perdiendo con el paso del tiempo, pero también con el molido y las altas temperaturas (Lien, 2003).

2.1.1.4. Otros factores. El tiempo y la rapidez del congelamiento afectan el color, mientras más lento, más oscura será la carne. También afectan el estado oxidativo de la carne, cuando esta se almacena seis meses a -7°C tiene alta incidencia oxidativa. La luz también tiene un efecto prooxidativo en carne congelada (Cornforth, 1999; Lien, 2003).

El enfriado inmediato *postmortem* provee un color rojo luminoso, pero mantener la carne fresca durante largos períodos en refrigeración produce metaMb. El crecimiento microbiano contribuye a la oxidación de la Mb a bajas temperaturas, retrasando la degradación del color. Se estima que entre el 4 y el 10 % de la carne que se vende al menudeo es rebajada de precio, molida o descartada debido a la presencia de colores oscuros. Los medios para lograr una mayor estabilidad del color de la carne fresca, comprenden mejoras en las razas, modificación de las dietas, manejo de los animales vivos, mejoras higiénico-sanitarias, tratamiento con antimicrobianos, control de la temperatura y empaçado (Cornforth, 1999).

2.1.4. Caracterización del síndrome PSE

PSE es un rendimiento subnormal en el que algunos músculos están decolorados, con una alta capacidad de reflejar la luz (coloración gris pálido a blanco), pierden jugos fácilmente (baja CRA) y son extremadamente blandos (textura suave) (Cornforth, 1999; England, et al., 1999; Chambers y Grandin, 2001; Nold, 2001; Rocha, 2003) como resultado del rápido declive del pH muscular (5.4-5.6) inmediatamente después del sacrificio, cuando el tejido todavía está caliente (England, et al., 1999; Rocha, 2003).

El síndrome PSE fue descrito por vez primera en Dinamarca en 1954, en aquel tiempo su incidencia era del 40-60 %, en la actualidad se ha disminuido considerablemente, mientras que en

los E.U.A., es del 16-18 % (Velazco, 2001a). Se ha calculado que los productores son responsables del 50 % de la incidencia de PSE y los rastros de la otra mitad (Grandin, 2000a).

El cerdo es un animal extraordinariamente sensible e inteligente, que puede fácilmente padecer el Síndrome de Estrés Porcino (PSS, del inglés: Porcine Stress Syndrome). A consecuencia del cual se presentan altos costos económicos para la industria porcina, debido al bajo desempeño en la producción, a la muerte de animales (durante el manejo en granja, en el transporte y en el rastro) y a la predisposición para la aparición de carnes PSE. El PSS tiene bases genéticas, pero los factores medioambientales son importantes en la incidencia y severidad de la carne PSE, las cuales presentan alteraciones en su funcionalidad proteica y palatabilidad (England, et al, 1999; Velazco, 2001a; Denaburski y Sáinz, 2002).

Debido a la manipulación genética, a medida que se lograron animales con rápido crecimiento, musculaturas pesadas y un elevado porcentaje de carne magra en canal, también se fue fijando el perfil genético del gen mutante "Hal" (Gen del estrés, denominado Hal porque los animales que lo poseen reaccionan con fibrilaciones al ser anestesiados con el gas halotano). (England, et al, 1999; Nold, 2001; Velazco, 2001a; Denaburski y Sáinz, 2002).

Se estima que el 30% de cerdos de las razas Landrace y Yorkshire son portadores del gen Hal, dichas razas se utilizan en cruza terminal y de ellas resultan los animales que se destinan a la obtención de carne (Velazco, 2001a). Los niveles de PSE pueden ser altos a pesar de que los cerdos den negativo en la prueba de "halotano" para determinar PSS, debido a lo mucho que se agitan al ser manejados. El manejo calmado y sin mucho ruido de estos animales es prácticamente imposible debido a su mal temperamento (England, et al, 1999; Chambers y Grandin, 2001).

La acidez y el aumento de temperatura, contribuyen a la desnaturalización de proteínas sensibles (miofibrilares y sarcoplásmicas), permitiendo la salida del sarcoplasma y del agua unida a las proteínas por fuerzas capilares, lo cual provoca la pérdida de capacidad de retención de agua y aumento de la conductividad (Cornforth, 1999; Lien, 2003). La intensa exudación de la carne resulta en pérdida de peso, favorece la solubilización y absorción de las sales y algunas veces puede causar costras debido a la excesiva desecación de la superficie muscular, acompañado de iridiscencia, desgarres y mal olor causado por la proliferación de microorganismos en las hendeduras de la carne (Bañón, et al., 1998; Cornforth, 1999).

Los músculos largo dorsal, bíceps femoral y semimembranoso son especialmente propensos a presentar este síndrome debido a que tienen una alta proporción de fibras intermedias con una alta capacidad de glicólisis anaerobia, sin embargo, los músculos adyacentes pueden presentar una coloración normal (Cornforth, 1999).

La aparición del PSE es una característica perjudicial sobre todo por el valor y utilización de esos músculos en la elaboración de productos cárnicos. Las proteínas carecen de funcionalidad y el resultado es un producto con poca CRA y de mala textura, deficiente ligado y pobre formación del curado, repercutiendo así en la vida de anaquel del producto final (Rocha, 2003).

El manejo y el transporte de los animales, tienen un fuerte impacto en la calidad de la carne. Los cerdos que se transportan a distancias cortas, tienden a presentar mayor incidencia de PSE que los que se transportan a distancias largas, es decir, los cerdos que se transportan menos de 30 min suelen ser más difíciles de manejar. Los cerdos que son transportados tiempos largos, suelen presentar carne DFD (Denaburski y Sáinz, 2002).

En los cerdos que en el descanso antemortem han sido mantenidos a 45 °C durante 1 hora disminuye significativamente el nivel del glucógeno muscular, resultando en una musculatura PSE (Hyun, et al., 1997; Denaburski y Sáinz, 2002).

La condición DFD se observan más frecuentemente en carne de bovinos que han sido estresados y mantenidos en ayuno por largo margen antes de la matanza, lo cual provoca la depleción de los contenidos de glucógeno muscular, por lo que no se presenta la acidificación normal de la carne. Sin embargo cualquier factor que conlleve a la pérdida de glucógeno por períodos prolongados, puede llevar a la aparición de síndrome DFD (Lien, 2003), como el estrés causado a los cerdos que se mantuvieron en condiciones de calor y posteriormente se introdujeron a un baño de agua fría (1 °C) 30 min antes de la matanza, los cuales presentaron un alto pH muscular con muy bajas reservas de glucógeno, color oscuro, alta CRA y una estructura morfológica cerrada, características asociadas al músculo DFD (Cornforth, 1999).

Como factores responsables de la carne PSE se encuentran: a) Manejo de los animales en la granja, alimentación y sensibilidad genética; b) Manejo inadecuado durante la carga, transporte y descarga de los animales, longitud y duración del viaje, estado de los caminos, clima, diseño de las jaulas de transporte; c) En el rastro, estabulación colectiva, duración de la espera, suministro o no de agua, manejo, diseño y características de los corrales, tratamiento previo al aturdimiento y

desangrado, un buen cerdo puede ser arruinado justo antes de ser insensibilizado para la faena (Grandin, 1998; Grandin, 1999; Muñoz, 2002).

Los factores que impiden el movimiento de los animales en los rastros y que causan excitación, estrés o contusiones, son: el mal diseño de los chutes y corrales; falta de capacitación de los empleados, uso excesivo de arreadores eléctricos, distracciones tales como reflejos luminosos en un piso mojado, silbidos, ruidos chillantes o corrientes de aire, olores, pisos desgastados y animales de línea genética que tiene temperamento excitable (Stegen, 1993; Von Wenzlawowicz, et al., 1994; Cortesi, 1994; Grandin, 1996; Grandin, 1998; Chambers y Grandin, 2001; Muñoz, 2002). Al movilizar grupos grandes de animales, estos son difíciles de manejar, provocando hacinamiento, nerviosismo, caídas, lo cual los estresa, pudiendo dar como resultado final carnes con rendimientos subóptimos, principalmente PSE (von Mickwitz y Heuking, 1990; Stegen, 1993; Von Wenzlawowicz, et al., 1994).

La estimulación eléctrica no es recomendada debido a que induce la carne PSE por la acelerada producción de ácido mientras el músculo está aún caliente (Miller y Ramsey, 1996). Existen algunas prácticas aplicables a la reducción de la incidencia de carne PSE en los centros de matanza. Antes del sacrificio es necesario minimizar el estrés al momento del manejo de los animales, contribuye a la reducción de la cantidad de glucógeno que será utilizado para la formación de ácido láctico, deben tener durante el transporte y en corrales espacio suficiente, manejo suave, instalaciones confeccionadas con materiales adecuados que no permitan que el animal resbale o caiga (pisos ligeramente inclinados hacia arriba) y mantener un ambiente fresco, con sombra y aspersores de agua. Después del faenado, las canales PSE deben someterse a enfriamiento rápido, lo cual además de contribuir a evitar la proliferación de bacterias, también permite que el pH no caiga rápidamente, favorecerá un mejor color muscular, incrementará la firmeza y reducirá la pérdida de agua, sobretodo en lomo y pierna (Knight and Knipe, 1996; Miller, 1997; Rocha, 2003). La longitud del tiempo de enfriado no afecta esos atributos, (Stevens, et al., 1997).

2.1.4.1. Valores de parámetros fisicoquímicos en carne de cerdo (normales y anormales).

pH. El valor normal del pH a los 45 minutos *postmortem* debe situarse en el rango 5.9 - 6.2. Un $\text{pH} \leq 5.8$ a los 45' *postmortem*, es indicativo de que probablemente se obtenga carne PSE. Si el valor de pH 45' es ≥ 6.3 , se presenta carne DFD. A las 24 horas debe descender hasta el rango

5.5 - 5.6, 5.9 e incluso 6.2 que en carne refrigerada, puede considerarse como aceptable (Miller, 1997). Valores que tienden a la alcalinidad, 6.6 – 6.9, se asocian al síndrome DFD, valores excesivamente ácidos alrededor de 5.1 e incluso hasta 5.5, se asocian al síndrome PSE, siempre tomando como referencia la caída del pH inicial (NPPC,1998; Cornforth, 1999; Honikel y Hamm, 1999, Chambers y Grandin, 2001, Velazco, 2001a) (Figura 1).

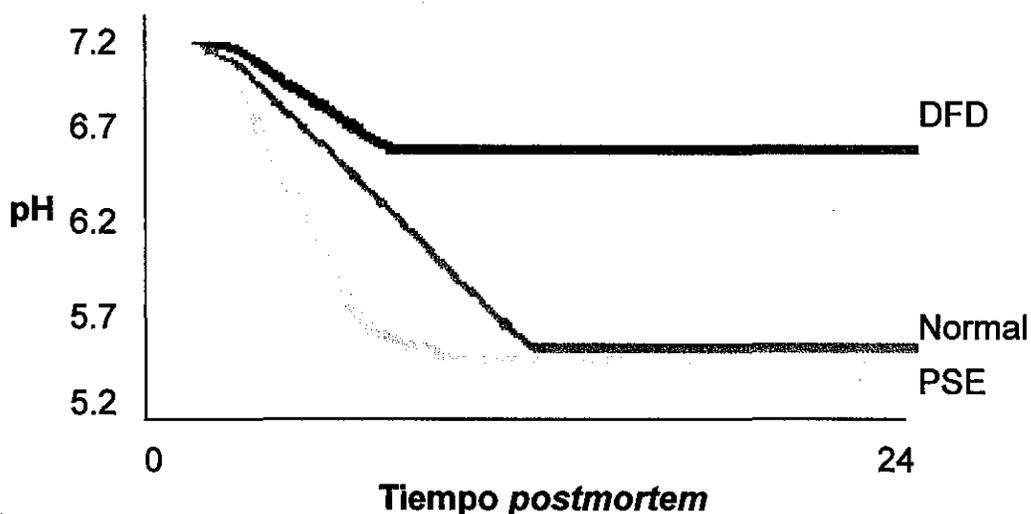


Figura 1.- Descenso del pH normal y en rendimientos subóptimos

Capacidad de Retención de Agua (Ley Alemana de Higiene de la Carne, 1995)

CANTIDAD DE AGUA LIBERADA	VALOR	
	45 min	24 h
Muy elevada (PSE)	≤ 0.4	≤ 0.35
Moderadamente elevada (Normal)	≤ 0.5	≤ 0.4
Moderadamente reducida (Normal)	≥ 0.64	≤ 0.64
Muy reducida (DFD)	≥ 0.72	≥ 0.72

Color. La luminosidad (L*) normal de la carne de cerdo es el 49* (óptimo) - 43* a los 45 min, algunos consumidores aceptan incluso el color 37* a las 24 h. Las imágenes correspondientes a las luminosidades, se presentan en el anexo II (NPPC, 1998).

L*	COLOR	
61	Gris Rosa Pálido	(PSE)
55	Gris Rosa	
49	Rojo Rosa	(Normal)
43	Rojo Rosa Oscuro	
37	Rojo Morado	
31	Rojo Morado Oscuro	(DFD)

2.2. INDICADORES DE INOCUIDAD

La inocuidad de los alimentos ha tenido un incremento importante dentro de los programas de salud pública. Los gobiernos alrededor del mundo han intensificado sus esfuerzos para mejorar este aspecto, lo cual se ha realizado en respuesta al incremento en el número de problemas relacionados con la inocuidad, que cada vez más interesan a los consumidores (WHO, 2002b).

Las ETA son un diseminado y creciente problema de salud pública, tanto en países en desarrollo como desarrollados. La incidencia de las ETA es difícil de estimar, pero ha sido reportado que en 2000, cerca de 2.1 millones de personas murieron por enfermedades diarreicas. Una gran proporción de esos casos puede ser atribuida a los alimentos y al agua contaminados. Se considera que en los países industrializados, el porcentaje de gente que sufre de las ETA, cada año aumenta en un 30 %. En los E.U.A. por ejemplo, se estima que cada año ocurren cerca de 76 millones de casos de ETA, resultando en 325,000 hospitalizaciones y 5,000 muertes. La mayoría de estas enfermedades son esporádicas y no son reportadas (WHO, 2000b).

La cadena productiva de los alimentos ha llegado a ser más compleja, proveyendo grandes oportunidades para la contaminación y el crecimiento de los patógenos. Muchos de los brotes de ETA que antes eran contenidos en una pequeña comunidad, pueden ahora tomar dimensiones globales (WHO, 2002b).

Algunas ETA a pesar de ser bien reconocidas, son consideradas como emergentes (o reemergentes) porque recientemente han llegado a ser más comunes, por ejemplo, los brotes de salmonelosis han sido reportados durante décadas, pero en los pasados 25 años ha aumentado la incidencia de la enfermedad en varios continentes. Lo anterior probablemente influenciado por el aumento en el turismo y el comercio, la adaptación de los microorganismos y los cambios en los sistemas de producción de alimentos, así como por el comportamiento y la demografía humana (WHO, 2002a).

La carne fresca es altamente perecedera, por lo que el control y medición de la contaminación bacteriana son tópicos importantes. Las cuentas totales microbianas y la identificación de patógenos específicos, pueden ser usados para identificar problemas potenciales y su control, lo cual concierne a los productores, establecimientos de sacrificio de animales y

procesadores de carne. El énfasis debe ser enfocado en los pasos que deben tomarse no solo para proteger al consumidor, sino para prevenir el costo gubernamental alrededor de los productos contaminados (Sofos, 1999).

Diversas etapas del faenado pueden resultar significativamente contaminantes para la carne fresca, como la remoción de la cabeza, el eviscerado (por rotura del intestino), el lavado de la canal, la inspección *postmortem*, el terminado y el posterior manejo en la cadena de frío (Codex, 2002).

Los microorganismos pueden contaminar la carne al entrar en contacto con los utensilios ó materiales, equipos sucios, a través de las manos y la vestimenta de manipuladores sucios, por gotas de agua y polvo procedentes de un ambiente contaminado, por las partículas desprendidas de pieles y pezuñas, así como por fauna nociva (WHO, 1995; Hudson, et al., 1996; Fernández, 2000; Mermaid, 2002). La adhesión de las bacterias a la superficie de la canal es inmediata a la remoción de la piel (Kiraa, et al., 1985).

2.2.1. Patógenos en carne

Alrededor del mundo, las ETA y más especialmente las enfermedades diarreicas, son una importante causa de morbilidad y mortalidad. De acuerdo a los informes de la Organización Mundial de la Salud, más de tres millones de personas mueren anualmente por enfermedades diarreicas y cientos de millones sufren de frecuentes episodios de diarrea y sus debilitantes consecuencias (WHO, 1999; WHO, 2002b). De particular importancia es la extensión y la naturaleza de tales enfermedades en los jóvenes de países en desarrollo, las cuales han sido ligadas principalmente al mal manejo de los productos alimenticios crudos de origen animal (WHO, 1995; WHO, 2002b).

Dentro de los principales enfermedades microbianas transmitida por el consumo de alimentos contaminados, se encuentran: Salmonelosis, Campylobacteriosis, Infecciones enterohemorrágicas por *E. coli*, Listeriosis y Colera. La salmonelosis es el principal problema en la mayoría de los países, sus síntomas son fiebre, dolor de cabeza, nauseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea. Los alimentos más frecuentemente involucrados son huevo, carnes rojas y de ave, leche cruda y chocolate (WHO, 2002a).

La carne ha sido relacionada frecuentemente a casos o brotes de ETA, sin embargo, se estima que la notificación alcanza solo el 5 % de la incidencia real. A excepción de los brotes no se registra el alimento involucrado (por la complejidad que representa poder establecerlo con precisión) y en muchas ocasiones el agente etiológico no es determinado por un cultivo laboratorial. En Jalisco, dentro de las enfermedades sujetas a notificación se encuentra el grupo de las Infecciosas Parasitarias y del Aparato Digestivo (Cólera, absceso hepático amibiano, fiebre tifoidea, enfermedad diarreica e intoxicación alimentaria bacteriana) (SSJ, 2006).

La carne ocupa el segundo lugar de importancia en brotes en E.U.A. (CDC, 2003). El FSIS (1996), estima que la contaminación de las carnes rojas, de aves y sus productos con bacterias patógenas como *Salmonella* y *Escherichia coli* O157:H7, entre otras, provoca al año, aproximadamente 4,000 muertes y 5'000,000 de enfermos.

Los animales de abasto son reservorios que proveen de un amplio rango de peligros asociados con la carne fresca, las condiciones de transporte y estancia de los animales en el rastro, son factores cualitativos y cuantitativos determinantes de la carga microbiana en carne, particularmente en lo referente a las bacterias patógenas tales como *Salmonella* spp, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni/coli* y *Yersinia enterocolitica*, del medio ambiente del proceso pueden provenir *Listeria monocytogenes* y *Clostridium perfringens* y de los manipuladores *Staphylococcus aureus* y el virus de la hepatitis. Por lo que se requieren operaciones efectivas de control del proceso (Fernández, 2000; Codex, 2002).

Se ha identificado a las siguientes bacterias como las mayores causantes de enfermedades transmitidas por carne y aves, ya sea por la severidad de la enfermedad o por el número de casos que producen: *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* y *Yersinia enterocolitica*, (NPPC, 2003; PHS, 2006), lo cual coincide con los peligros bacterianos en carne, publicados por la OMS (Cuadro 3) (WHO, 1995).

Blaha (1997), señala a *Salmonella* como el principal patógeno que debe controlarse en la cadena productiva del cerdo, dada la relevante importancia de este animal como fuente de la bacteria y como causa de enfermedad en humanos (Cuadro 4).

Cuadro 3.- Peligros bacterianos asociados a los animales de abasto (WHO, 1995).

Peligro	Riesgo* para individuos saludables	Riesgo* para individuos en riesgo	Principales especies
<i>Aeromonas hydrophila</i> **	1	3	Todas
<i>Brucella</i>	3	3	Rumiantes
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	1	2	Cerdo + ave
<i>Escherichia coli</i> (no VTEC)	1	2	Todas
<i>Escherichia coli</i> (VTEC)	2-3 c	4 c	Res
<i>Listeria monocytogenes</i> **	1	3-4	Todas
<i>Mycobacterium tuberculosis/bovis</i>	3 c	4 c	Res
<i>Salmonella</i>	1 c	2-3 c	Todas
<i>Yersinia enterocolitica</i> **	1	3	Cerdo

c = Contagioso humano-humano

1 = Bajo

2 = Moderado

3 = Severo

4 = Frecuentemente letal

* = Si el microorganismo está presente o excede los límites determinados por las autoridades legales locales

** = Organismos que crecen a temperaturas frías

Cuadro 4.- Importancia relativa del cerdo como fuente de algunos patógenos (Blaha, 1997).

Patógeno	Frecuencia como causa de enfermedad en humanos	Importancia relativa del cerdo como fuente del patógeno	Necesidad de monitoreo en la cadena productiva del cerdo
<i>Campylobacter jejuni</i>	1	+	2
<i>Salmonella</i> spp.	2	++	1
<i>Shigella</i>	3	-	-
<i>Escherichia coli</i> O157:H	4	-	4
<i>Toxoplasma gondii</i>	5	+++	3
<i>Yersinia enterocolitica</i>	6	+++	6
<i>Listeria monocytogenes</i>	7	+	5
<i>Cryptosporidium parvum</i>	8	-	-
<i>Vibrio</i>	9	-	-
<i>Trichinella spiralis</i>	10	++++	6

En los estándares para la reducción de patógenos en los establecimientos que se dedican a la obtención y procesamiento de carne y aves, publicados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), se señalan como obligatorios los análisis regulares de *Salmonella* y *Escherichia coli* para verificar el adecuado control de procesos para la prevención y remoción de contaminación fecal y bacterias asociadas (USDA/FSIS, 2002). Tales programas preventivos, también son recomendados por el Codex Alimentarius (1994).

Es necesaria la identificación de patógenos emergentes que puedan afectar la salud de los cerdos y la inocuidad de la carne y sus subproductos. Medios prácticos de detección deben ser desarrollados para definir cuando y donde sucede la contaminación por patógenos (NPPC, 2003).

2.2.2. *Salmonella*

Es un género bacteriano formado por bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, con flagelos peritricos (son móviles) que no poseen cápsula ni esporulan, producen ácido sulfhídrico y no fermentan glucosa ni lactosa. La salmonelosis se encuentra catalogada con el código CIE-10 A02.0, asignado por la Clasificación Internacional de Enfermedades de la OMS. Es de comienzo repentino, se autolimita en la mayoría de los casos y se manifiesta comúnmente por gastroenteritis, enterocolitis aguda, cefalalgia, dolor abdominal, diarrea, casi siempre hay fiebre y ocasionalmente vómitos. Puede transformarse en septicemia o infección focal. Las defunciones son raras pero la morbilidad y el costo económico pueden ser elevados (OPS, 2001).

Salmonella, es un agente zoonótico de distribución mundial. Su reservorio son los animales domésticos (incluidos los de abasto), salvajes, fauna sinantrópica y el humano. Se le clasifica como una enfermedad de origen alimentario, el modo predominante de transmisión son los alimentos provenientes de animales, contaminados en su origen, o en menor escala puede deberse a la transmisión de persona a persona, por la manipulación del alimento por un enfermo o portador y por el contacto con animales en las granjas. Se ha involucrado al huevo crudo o mal cocido y sus productos a las aves de corral, a la leche cruda y los productos lácteos, agua y la carne y sus derivados. La infección también se transmite a los animales de abasto a través de sobras de carne contaminada, desperdicios, harina de pescado y de hueso. Se disemina al multiplicarse las bacterias durante la crianza y la matanza. Cualquier alimento cocinado de manera imperfecta o no cocinado, especialmente los ya mencionados, son un buen vehículo de transmisión de este patógeno (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001).

La patogenicidad del microorganismo depende de diversos factores como la cubierta de lipopolisacaridos, la habilidad de reproducción intracelularmente y producción de toxinas. En contraste con *E. coli* O157:H7, las especies de *Salmonella* son patógenas para los diferentes animales de abasto, incluido el cerdo. La excreta del patógeno en las heces es mayor en los meses cálidos, así como en los lugares con clima caluroso (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001).

Las infecciones localizadas en portadores asintomáticos, son de particular importancia, ya que existen portadores crónicos que no presentan síntomas (por lo cual no son tratados) pero que si excretan la bacteria que aunado a la ausencia de lavado de manos y utensilios, contribuye a la diseminación del patógeno (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001).

Algunas variedades de *Salmonella* son multifarmacorresistentes, por lo que es considerada como una de las especies objeto de vigilancia en las comunidades, como parte de los trabajos de la Red de Monitoreo/Vigilancia de la Resistencia a los Antibióticos (OPS, 2002).

Este patógeno es capaz de sobrevivir a los jugos gástricos, a la acción de los péptidos antimicrobianos como la lactoferrina y las lisozimas y a los anticuerpos. Invade las células epiteliales (mucosas) de los intestinos grueso y delgado, se multiplica liberando citoquinas que producen inflamación en los enterocitos, y se dispersa a los nódulos linfáticos mesentéricos. La inflamación aguda causa diarrea y en casos extremos ulceraciones y la destrucción de la mucosa intestinal, en este caso el patógeno se disemina a través de la circulación, adhiriéndose a la células reticuloendoteliales y causando septicemia. En presencia de sistemas inmunitarios débiles algunas variedades de *Salmonella* son capaces de invadir hígado, bazo, huesos y meninges (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001).

La nueva nomenclatura de *Salmonella* reconoce dos especies dentro del género: *Salmonella bongori* y *S. enterica*, ésta última se divide en seis subespecies: I enterica; II salamae; IIa arizonae; IIIb diarizonae; IV houtenae; (V *S. bongori*, ya incluida en una especie distinta);VI indica. Dentro de la subespecie I se ubican las serovariedades que más frecuentemente afectan al humano. En los países donde hay vigilancia de *Salmonella*, las serovariedades notificadas con mayor frecuencia son *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis* (OPS, 2001).

Se ha estimado que en E.U.A. se presentan aproximadamente 5 millones de casos de salmonelosis por año. (OPS, 2001). El CDC (2003), reporta que la frecuencia de este patógeno en carne cruda de cerdo presentó el 66 % de infección con respecto a los últimos 6 años y el 16% comparado con el 2002.

La cantidad de microorganismos presentes en la carne, dependerá de las condiciones intrínsecas y extrínsecas predominantes en su manejo y asepsia en el proceso productivo y de comercialización (Sofos, 2003), cuando el tejido queda expuesto a la contaminación proveniente

de la piel, tracto gastrointestinal o el ambiente de las salas de sacrificio, debido a la manipulación, el faenado, el corte de la canal y el despiezado (Codex, 1998).

En un estudio llevado a cabo en Irlanda, se consideran hatos de bajo riesgo, aquellos que presentan < 19 % de cerdos seropositivos a *Salmonella* y de alto riesgo con > 32 % de seropositivos. La prevalencia de la bacteria en contenido cecal de los cerdos de bajo riesgo fue 10 %, significativamente más bajo que el 19 % de cerdos de alto riesgo ($p < 0.01$) (Quirke, et al., 2001).

En Holanda, Swanenburg, et al. (2001a), señalan aislamientos de *Salmonella* en el 47 % de los cerdos muestreados, con una prevalencia del 25.6 % en contenido rectal, 19.6 en tonsilas, 9.3 en hígados, 9.3 en lenguas y 9.3 % en linfonódulos mesentéricos.

La prevalencia de *Salmonella* en muestras de cerdos provenientes de hatos seronegativos es menor que las de hatos seropositivos. La contaminación de las canales por el patógeno, después del sacrificio fue parcialmente causada por los animales infectados que hayan sido sacrificados anteriormente (Swanenburg, et al. 2001b).

La línea de matanza es la fuente más importante de contaminación por *Salmonella* para la canal, la granja lo es para hígados, lenguas, muestras rectales y nódulos linfáticos, para cerdos de hatos originalmente seropositivos. La espera en corrales es la fuente de contaminación más importante para cerdos de hatos originalmente seronegativos, para todas las muestras excepto canales (Swanenburg, et al., 2001c).

El rango de aislamiento de *Salmonella* de ciego y superficie de canal se incrementa significativamente conforme aumenta el tiempo de descanso en corrales. En cerdos sacrificados a las 18 h de espera, la bacteria se aisló en el 18.5 % de ciego y en el 9.3 % de canales, en los sacrificados a las 42 h fue de 24.1 % y 12.8 %, en tanto que en los llevados al sacrificio después de 66 h se presentó en el 47.7 % y 27.3 % respectivamente (Morgan, et al., 1987).

Rheault (1999), señala que el 0.9 % de las heridas de desangrado presentan contaminación por *Salmonella* antes del terminado, el 40.6 % con coliformes y después del mismo, se incrementa a 1.1 para el patógeno y disminuye a 34.1 para el grupo indicador.

Al analizar la presencia de *Salmonella* en 6 granjas de Korea, Min-Jeong, et al. (2001), encontraron la bacteria en agua fuera del bebedero, alimento en corrales y en piso de corrales, sin embargo, en 6 rastros, indican no haber detectado el patógeno en ninguna de las muestras analizadas (después de la evisceración, nave de sacrificio, refrigerador y lugar de venta), señalan condiciones higiénicas riesgosas en relación a otros patógenos.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda entre otras medidas preventivas para el control de *Salmonella* y otros patógenos, inspeccionar las condiciones sanitarias y supervisar adecuadamente rastros, instalaciones de elaboración de alimentos, molinos de forrajes, venta de huevo y carnicerías (OPS, 2001). Estos hechos proporcionan argumentos a favor de reafirmar que los criadores de animales y los consumidores deben tomar medidas de prevención, debiendo tener especial cuidado en los rastros para impedir la contaminación de la carne con *Salmonella* (Barham et al., 2002).

2.2.3. Calidad bacteriológica del aire en rastros

Hacer la evaluación de la calidad del aire en ambientes cerrados es un tópico muy importante alrededor del mundo (Mendell y Smith, 1990), ya que los problemas asociados con el medio ambiente al interior de un edificio son los más comunes en relación a la inocuidad de los productos y la salud de los trabajadores (Ledford, 1994).

Algunas bacterias que pueden encontrarse en el aire son: *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Enterococcus*, y *Micrococcus*, otras presentes en el suelo pueden pasar a formar parte del aire como: *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Alteromonas*, *Bacillus*, *Carnobacterium*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Flavobacterium*, *Listeria*, *Moraxella*, *Proteus* y *Staphylococcus* (Jay, 1994).

Las bacterias pueden estar suspendidas en el aire individualmente o en grupos, pero más comúnmente van adheridas a partículas de materia (Jericho, et al., 2000). En el aire de los comederos existe una diversidad de microorganismos (Hongos y bacterias) que vía la piel y los aerosoles, pueden llegar a contaminar la carne (Wilson, 2002). Los microorganismos presentes pueden tener su origen en el desprendimiento de minúsculas porciones de la piel de los cerdos, la materia fecal y el alimento, son fácilmente acumulados y aerosolizados en lugares densamente poblados y en edificios cerrados (Donham, et al., 1986).

Dependiendo del lote de procedencia de los animales, puede variar la composición de las partículas. La cuenta total viable en el aire de un rastro, se comporta de manera estacional, siendo mayor en los meses calurosos, se sugiere que ocurre una distribución similar de las bacterias en el aire de la sala de matanza debido a la alta correlación encontrada entre las cargas bacterianas de áreas separadas 6 m, reportando un potencial acumulativo de exposición, de $2 \log_{10}$ organismos/cm² ((Rahkio y Korkeala, 1997; Jericho, et al., 2000).

Se han encontrado en condiciones subtropicales, fuertes concentraciones de bacterias en el aire de corrales para cerdos, bacterias mesófilas aeróbicas (BMA) 3.3×10^5 , Gram negativos 147.7 y hongos 1000 UFC/m³, lo cual depende de la limpieza irregular y poco frecuente, alta densidad de animales, no levantamiento de desechos y acumulación de agua (Chang, 2001).

Al interior de la nave de sacrificio, las bacterias pueden llegar de los corrales, en los cuales las cuentas pueden llegar a 176 573 UFC/ m³. A pesar de que el aire fresco no contenga más de 353 UFC/m³ (Gilbert, 2002). Se conoce que existe una fuerte asociación entre la contaminación de las canales y las bacterias presentes en el aire de la nave de sacrificio, así como con los movimientos de los trabajadores (Rahkio y Korkeala, 1997).

Los aerosoles pueden llegar a todas las superficies expuestas de la canal, pero el hombro, el cuello y la cabeza pueden ser las menos contaminadas (Jericho, et al., 2000). El control de aerosoles en la planta de sacrificio, debe ser considerado como un punto crítico de control dentro de un plan de análisis de peligros y control de puntos críticos (Jericho, et al., 2000; Mermaid, 2002). No es conocida la proporción de patógenos e indicadores de contaminación fecal que debido a los aerosoles, llegan a la superficie de la carne, sin embargo, son fácilmente recuperables en este alimento (Gill, et al., 1998; Siragusa, et al., 1998).

La problemática de la calidad bacteriológica del aire, no solo se reduce a la influencia que tiene en la contaminación de la carne, instalaciones, equipo y utensilios, sino que también tiene repercusión en la salud del personal que labora en el rastro e incluso de quienes viven en las inmediaciones. La exposición a altos niveles de microorganismos presentes en el aire es reconocida como una causa de síntomas respiratorios y de enfermedad en trabajadores que están en contacto con materiales biológicos. La valoración del riesgo es difícil porque los límites de exposición ocupacional para microorganismos no ha sido establecida (Eduard y Heederik, 1998; Monn y Koren, 1999; Sebastian y Larsson, 2003).

Aunque el consumo de carne cruda no es una práctica común, la contaminación cruzada debida al mal manejo es crucial en la transmisión de enfermedades por este alimento (WHO, 1995). Existe un incremento mundial en la incidencia reportada de las ETA, los países en desarrollo son los que más fuertemente deben enfrentar el problema, no solo por sus repercusiones directas en salud pública, también por el costo económico y de restricción del comercio internacional (WHO, 1999), ya que dentro de la cadena productiva de la carne para ser competitivos dentro del tratado de libre comercio (no solo para importación - exportación, sino dentro del mismo país se debe cumplir con normas de calidad, entre otras las referentes a la ausencia de agentes patógenos y a los parámetros organolépticos y fisicoquímicos aceptables por el consumidor y por la industria.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos como indicadores de calidad e inocuidad de la carne de cerdo en las condiciones usuales de manejo y operación de un rastro municipal tecnificado.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar la relación entre las condiciones de bienestar de los cerdos (manejo pre-sacrificio) y la frecuencia de rendimientos subóptimos en pierna de los mismos animales.

Determinar los puntos de control de proceso para la calidad de la carne de cerdo en un rastro tecnificado

Determinar la presencia de *Salmonella* spp, en cerdo en pie y en carne de cerdo, así como realizar la evaluación de riesgos de acuerdo a la frecuencia del patógeno.

Evaluar la calidad bacteriológica del aire en la nave de sacrificio y su potencial impacto en la inocuidad de la carne.

4. HIPOTESIS

La evaluación objetiva en rastro, de las deficiencias en el manejo del cerdo de abasto y de su posterior faenado, permiten determinar su impacto sobre los indicadores de calidad e inocuidad de la carne obtenida.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo y parte del de laboratorio se realizó en los meses de Junio-Diciembre (6 meses), en la línea de matanza de cerdos del Rastro municipal de Guadalajara (RMG) (es tecnificado y se localiza en el Estado de Jalisco, latitud 20°37'39.43"N, longitud 103°2'59.80"O) y en carne procedente del rastro en estudio. Los análisis bacteriológicos se realizaron en el Área de Microbiología Alimentaria del Departamento de Salud Pública, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

Se efectuaron dos grupos de evaluaciones. Mediante indicadores de calidad tecnológica (Figura 2) y mediante indicadores de inocuidad (Figura 3).

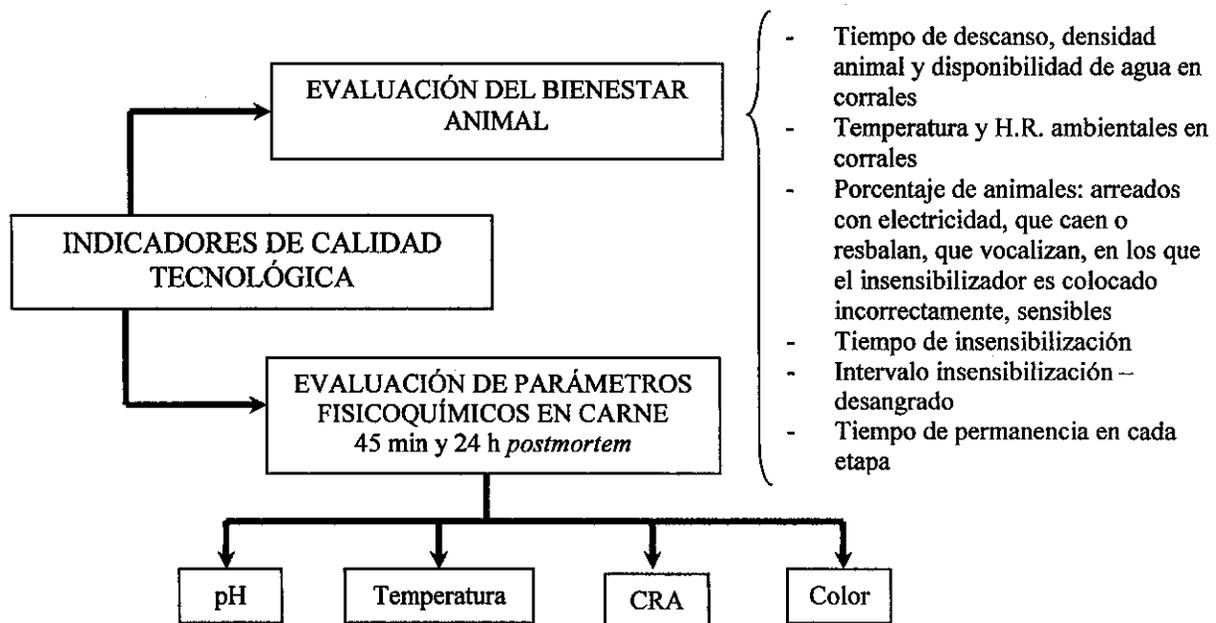


Figura 2.- Diagrama de flujo de las evaluaciones mediante indicadores de calidad

5.1. EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL

Se evaluó el manejo de 100 cerdos por semana, durante 24 semanas (Grandin, 1999), distribuidos de la siguiente manera:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semanas	1, 6, 11, 16, 21	2, 7, 12, 17, 22	3, 8, 13, 18, 23	4, 9, 14, 19, 24	5, 10, 15, 20

Aspectos evaluados:

- 1.- Procedencia, peso, sexo, tiempo de descanso, densidad animal por corral de espera, disponibilidad de agua, diseño y mantenimiento de corrales (NOM-008-ZOO-1994 (SARH, 1994a; SAGAR, 1999) y NOM-009-ZOO-1994 (SARH, 1994b; SAGAR, 1996a)).
- 2.- La temperatura ambiental en corrales (°C), así como la humedad relativa (%), se midió con el High Accuracy Thermo-Hygro® (Curtin Matheson Científico, Inc).
- 3.- Número de animales caídos que ingresan a la sala de matanza.
- 4.- Porcentaje de animales arreados con electricidad.
- 5.- Porcentaje de animales que se caen o resbalan durante el arreo al lugar de insensibilización.
- 6.- Porcentaje de animales que vocalizan en el aparato de sujeción o durante la insensibilización.
- 7.- Porcentaje de animales en los cuales el aparato de insensibilización eléctrica fue colocado en posición incorrecta (NOM-033- ZOO-1995 (SAGAR, 1996b)).
- 8.- Tiempo de insensibilización.
- 9.- Intervalo entre insensibilización y desangrado (NOM-033-ZOO-1995 (SAGAR, 1996b)).
- 10.- Porcentaje de animales sensibles en el riel de desangrado.
- 11.- Tiempo de permanencia del cerdo en cada etapa del proceso dentro de la sala de matanza, hasta el andén de carga. La medición temperatura del agua de escaldado se realizó con un termómetro de bayoneta, paralelamente al tiempo de permanencia de los cerdos en el tanque.

La calificación de los parámetros se realizó de acuerdo a lo establecido por el American Meat Institute (Grandin, 1999), (Anexo II), excepto aquellos en los que se señale lo contrario.

5.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN CARNE

El sacrificio mensual promedio de porcinos fue de 24 000 animales x 6 meses = 144 000 cerdos. Utilizando la fórmula del tamaño de muestra para estimar proporciones en población finita con error de magnitud (Wayne, 1990), se obtuvo una $n = 118.4$. De cada grupo de 100 animales en el que se evaluó el bienestar, se tomaron para evaluar Parámetros Fisicoquímicos, 5 canales, usando una tabla de números aleatorios (24 grupos x 5 = 120 canales muestreadas).

5.2.1. Medición de pH

Se utilizó un Potenciómetro para Carne computarizado con electrodo de vidrio modelo PK21 NWK BINAR® (Landsberg, Alemania). La medición se efectuó en el músculo Semimembranoso a los 45 min y a las 24 h *postmortem* (Morgan, 1996).

5.2.2. Medición de Temperatura

La temperatura muscular profunda se midió a los 45 minutos y a las 24 h *postmortem* con un termómetro digital para carne, modelo HI-9061, de la marca Hanna Instrument®, con una bayoneta de 10 cm de longitud, la cual se introdujo totalmente al músculo semimembranoso (Morgan, 1996).

5.2.3. Medición de Capacidad de Retención de Agua

Las mediciones se efectuaron a los 45 min y las 24 h *postmortem* en el músculo semimebranoso. Se utilizó la prensa para carne, modelo Braunschweiger, de la marca Hauptner®. Entre dos placas de plexiglass se coloca una pieza de papel filtro Whatman N° 1 (6 x 6 cm) en el centro del cual se sitúan 0.2 g de carne (Honikel y Hamm, 1999). El tamaño de la superficie de la carne prensada (f) y la superficie del agua liberada (F) se midieron utilizando una plantilla de referencia con anillos predeterminados numerados del 1 al 15, cuyos diámetros (20 a 48 mm respectivamente) se emplearon para hacer la lectura del cociente f/F (En la tabla preestablecida para tal fin) que expresa la CRA (Ley Alemana de higiene de la carne, 1995).

5.2.4. Medición de color

Se realizó en el mismo músculo a la misma altura, en los mismos tiempos *postmortem*, utilizando el Cromómetro Minolta CR-300® (Osaka, Japón), obteniéndose el promedio de tres lecturas (Miller y Ramsey, 1996). Las normas de color (luminosidad, L*) para el cromómetro Minolta de acuerdo al National Pork Producers Council (1998), aparecen en el anexo II.

Los resultados obtenidos se expresaron mediante estadística descriptiva, calculándose medidas de tendencia central y de dispersión. Posteriormente se efectuaron pruebas de correlación mediante la "r" de Pearson y el coeficiente de determinación (r^2) y ANAVA para detectar diferencias significativas ($P < 0.05$) (Statgraphics®, 1999).

5.3. ANÁLISIS BACTERIOLOGICOS

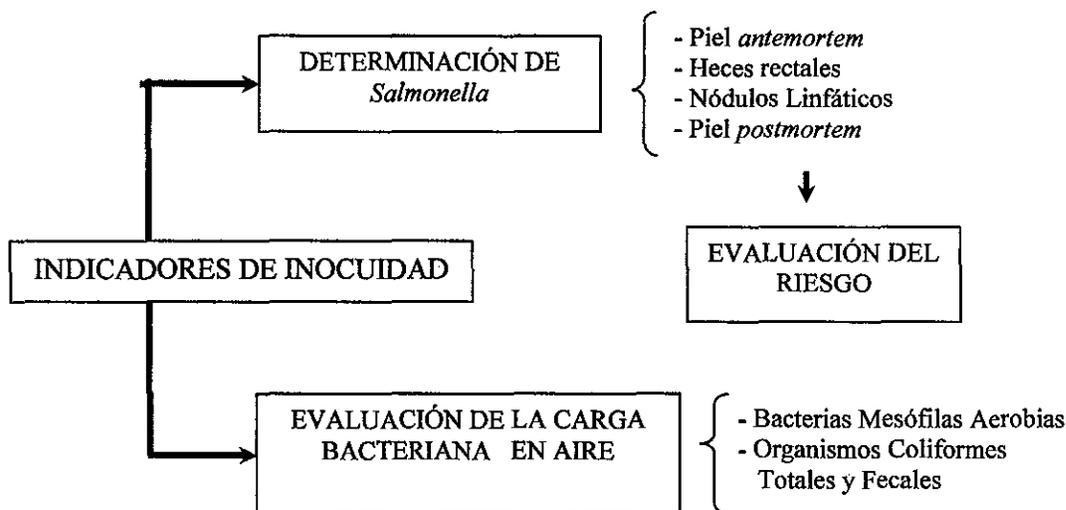


Figura 3.- Diagrama de flujo de las evaluaciones mediante indicadores de inocuidad

5.3.1. Determinación de *Salmonella*

La USDA/FSIS (2002), recomienda un mínimo de una muestra durante cada semana de operación. Semanalmente (Durante 24 semanas) se tomaron 2 muestras de piel *antemortem*, 2 de heces, 2 de NLM y 2 de piel *postmortem*, después del lavado final (48 para cada tipo de muestra, 192 en total). Todas las muestras se mantuvieron en hielera con refrigerante y fueron transportadas al laboratorio en un lapso no mayor a 2 horas.

5.3.1.1. En superficie de piel. Utilizando esponjas estériles libres de preservativos antimicrobianos (BioPro Sampling System®), se frotaron utilizando una plantilla estéril 5 x 5 cm², las áreas de la pierna, abdomen, brazo y carrillo. Se tomaron muestras del animal en pie y de la canal después de ser lavada con los procedimientos usuales del establecimiento. Los resultados se expresan como presencia o ausencia del patógeno / 100 cm² (USDA/FSIS, 2002).

Como contenedor de la esponja después de la toma de muestra se utilizó una bolsa de plástico estéril (Whirl-Pak®) con 10 ml de Agua Peptonada Buffer (APB), al 0.1 %. La esponja se humedeció con la solución de transporte, manipulándola con pinzas estériles. La superficie a muestrear se frotó vigorosamente dentro del límite de la plantilla. La misma esponja se usó en las cuatro áreas del mismo animal. En el laboratorio se desarrolló el siguiente procedimiento:

- 1) Se agregaron a la bolsa 50 ml de APB y se colocó en el stomacher durante 1 minuto para liberar la mayor cantidad de microorganismos.
- 2) Incubación a 35 ± 2 °C, durante 20-24 horas (preeenriquecimiento).

- 3) Se transfirieron 0.5 ml a 10 ml de caldo TT y 0.1 ml a 10 ml de caldo mRV, incubando a 42 ± 0.5 °C durante 18 a 24 h.
- 4) A partir de cada tubo se sembró una placa de agar XLT4 y una de agar BGS, se incubó a 35 ± 2 °C durante 24 h.
- 5) En XLT4 se seleccionan las colonias negras o rojas con o sin centro negro (borde amarillo en 24 horas), después puede tornarse rojo. En BGS se seleccionan colonias rosas opacas con apariencia lisa y bordes enteros rodeados por un color rojo en el medio.
- 6) Se seleccionaron 3 colonias sospechosas por placa y se sembraron en TSI y LIA, que se incubaron a 35 ± 2 °C por 24 ± 2 h.
- 7) Por medio de serología se realizó la confirmación y determinación de especie (USDA/FSIS, 2004), esta última solo para las muestras de piel *postmortem*.

5.3.1.2. En heces rectales. Las heces se colectaron con hisopos estériles, los cuales se colocaron en el caldo de transporte. Se continuó con el procedimiento indicado en la Sección 5.3.1.1, puntos 3 al 7. Los resultados se expresan como presencia/ausencia.

5.3.1.3. En Nódulos linfáticos mesentéricos (NLM). Los nódulos se colectaron en frascos estériles. Se pesaron asépticamente 25 ± 0.5 g del interior de los NLM a los que se les añadió 225 ml de APB y se mezclaron durante dos minutos en licuadora estéril. Se continuó con el procedimiento indicado en la Sección 5.3.1.1, puntos 2 al 7. Los resultados se expresan como presencia/ausencia en 25 g.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante la prueba X^2 (Triola, 2000).

5.3.2. Identificación del peligro y evaluación del riesgo

El Análisis de Riesgos se define como: La evaluación de la probabilidad de entrada, establecimiento y diseminación de enfermedades y plagas, así como sus consecuencias biológicas, económicas y su impacto en salud pública. Comprende: Identificación del peligro, Evaluación del Riesgo, Gestión del riesgo, e Información sobre el Riesgo. Para la determinar si el peligro identificado es un riesgo, se empleó el árbol de escenarios (Figura 4) y para la Evaluación del Riesgo se tomaron en cuenta las siguientes etapas (Codex Alimentarius, 1999):

Evaluación de la difusión.

Evaluación de la exposición.

Evaluación de las consecuencias (Caracterización del peligro).

Estimación del riesgo (Caracterización del riesgo).

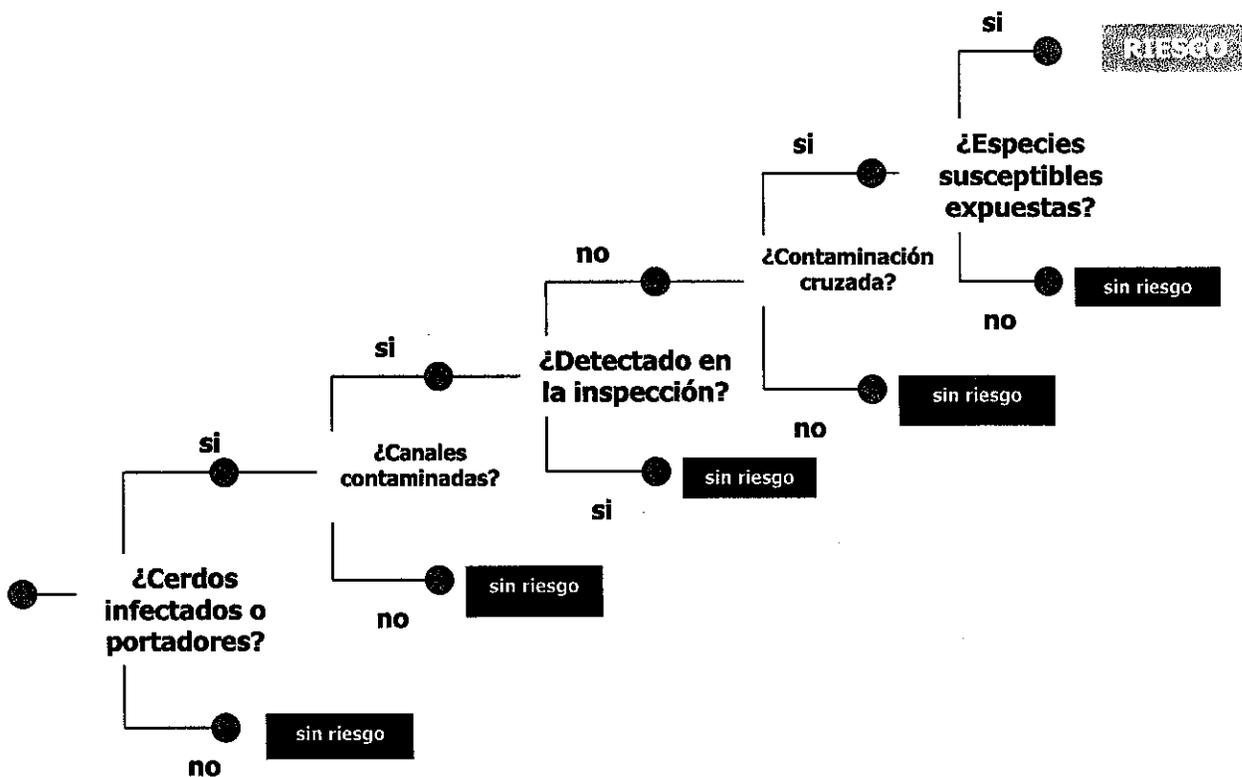


Figura 4.- Árbol de escenarios para la evaluación del riesgo.

5.3.3. Evaluación de la carga bacteriana en aire

Se efectuaron 12 muestreos (A lo largo de 23 semanas), 6 durante la matanza, los 6 restantes sin matanza, mediante el siguiente plan de muestreos:

	Lunes	Miércoles	Viernes
Con Matanza	Semanas 1 y 13	Semanas 5 y 17	Semanas 9 y 21
Sin Matanza	Semanas 3 y 15	Semanas 7 y 19	Semanas 11 y 23

La toma de muestras sin matanza, se realizó dos horas después de haber sido lavada la nave de sacrificio, con los procedimientos usuales del establecimiento. La nave se dividió en 11 cuadrantes (Ver anexo III). Los muestreos se realizaron por duplicado tanto para el análisis de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) como de Organismos Coliformes Totales (OCT).

Las placas con agar para métodos estándar (Para determinación de BMA) o agar bilis rojo violeta (Para determinación de OCT), se colocaron individualmente en el aparato muestreador de aire marca Pbi Internacional, modelo SAS Súper 100®, con un flujo de 100 litros de aire / minuto, a una altura de 1 m. El aparato se desinfecto con alcohol al 96% empleando una gasa, antes de

colocar la caja Petri a muestrear (Instruction manual, 2002). En cada sitio de muestreo se tomaron la temperatura y humedad relativa del medio ambiente con el HygroThermometer Clock , marca Extech instruments®.

Las placas de AME se incubaron a 35° C / 48 horas. A las placas de ABRV, se les vertió una sobrecapa para la determinación de OCT y se incubaron a 35°C / 24 horas. El recuento se realizó en un cuenta colonias tipo Québec. Se contabilizó el total de unidades formadoras de colonias (UFC) por placa, obteniéndose el promedio de BMA y OCT para cada sitio de muestreo. A continuación se consultaron las tablas de ajuste proporcionadas por el fabricante del equipo y se aplicó la siguiente fórmula (Instruction manual, 2002):

$$x = \frac{Pr \times 1000}{V}$$

x = UFC por 1000 litros de aire (m³)

Pr = Probable conteo obtenido por correlación positiva

r = UFC contadas en placas de 90 mm

V = Volumen de aire muestreado

Para la prueba de confirmación de coliformes fecales, cada colonia se sembró en caldo verde brillante al 2% a 37°C / 24 - 48 h con campana de Durham y simultáneamente en caldo EC a 44.5 °C en baño de agua / 24 – 48 h, la producción de gas se considera como prueba positiva (Refai, 1981). Se realizó la identificación de enterobacterias mediante el kit Api 20e® (Biomérieux®).

Los valores obtenidos se transformaron a logaritmo base 10 y fueron analizados mediante la Prueba “t” de Student, para comparación de medias. Se efectuó la prueba de correlación entre los parámetros del estudio mediante la “r” de Pearson y el coeficiente de determinación “r²” y ANAVA para detectar diferencias significativas (P<0.05) (Statgraphics®, 1999).

6. RESULTADOS

6.1. EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL

6.1.1. Transporte al rastro

Los animales llegan de 64 de los 124 municipios del Estado de Jalisco (Actualmente son 125), así como de los Estados de Michoacán, Sonora, Nayarit, Zacatecas y Guanajuato, en diversos medios de transporte (trailers especiales, camiones, camionetas). Todos los cerdos incluidos en el estudio fueron transportados no más de 1:30 h, de localidades que no distan más de 150 km, en trailers.

6.1.2. Recepción/Corrales

Existe en el rastro una rampa móvil para el descenso de los animales. Todos los animales son marcados con “fierro” a su llegada. El diseño de los corrales es aceptable, cuentan con ventilación adecuada y sombra, pero el mantenimiento es deficiente (Cuadro 5). Se cuenta con 98 corrales de existencia (se utilizan entre 20 y 25 cuando los corrales de espera están saturados o cuando los animales no han sido dietados). Solo algunos corrales de existencia cuentan con aspersores que son utilizados cotidianamente. Los que se utilizan permanentemente son 26 corrales de espera, 22 de los cuales cuentan con 22 m², 3 son de 26 m² y 1 de 46 m². La densidad animal fue de 1 a 62 cerdos/ corral. El tiempo de descanso de los animales en estudio, fue de 2-5 horas (Cuadro 5).

Es frecuente el uso indiscriminado de las “chicharras” (en 79 de cada 100 animales) (Cuadro 5), 32 de dichos animales son arreados de esta manera dos, tres o hasta cuatro veces.

La disponibilidad de agua no es la adecuada en todos los corrales de espera, de los 26 solo 11 la tienen regularmente (Cuadro 5). La temperatura promedio en corrales fue de 25.6° C y la humedad relativa de 64.7 %. Es frecuente ver grupos de hasta 44 animales que son llevados al corral de última espera y que a través de una manga lineal son conducidos a la insensibilización.

6.1.3. Insensibilización / Desangrado y Escaldado

El tiempo promedio que dura un animal desde que entra al restrainer para la insensibilización, hasta que la canal llega al andén de carga, es de 20'25" (Cuadro 6).

La insensibilización es con pinzas eléctricas y el desangrado por corte del cuello. El promedio del tiempo de contacto de los electrodos con los cerdos, fue de 7 seg. (Cuadros 5 y 6). El intervalo promedio entre insensibilización y desangrado fue de 6.23 seg. Dos de cada 100 animales presentaron sensibilidad en el riel de desangrado (Cuadro 5).

Los cerdos permanecen en el escaldado un promedio de 2'26", (Cuadro 6) a una temperatura promedio de 58.7°C (s = 1.28), con un rango de 57 a 61°C.

Cuadro 5.- Evaluación del manejo de los cerdos.

ASPECTO A EVALUAR	RESULTADO
Diseño y mantenimiento de corrales	Diseño aceptable, mantenimiento deficiente
Tiempo de descanso	2-5 h (Aceptable)
Animales caídos en transporte	2 %
Peso promedio	96.5 kg
Sexo	Hembras 49 % Machos 51 %
Densidad animal por corral	1 hasta 62 (Aceptable)
Disponibilidad de agua	11 / 26 (Problema serio)
Promedio de animales caídos que ingresan a la sala	2 / día
Animales arreados con electricidad	79 / 100 (Problema serio)
Animales que caen durante el arreo al lugar de insensibilización	5 / 100 (No aceptable)
Animales que resbalan durante el arreo al lugar de insensibilización	2 / 100 (Aceptable)
Vocalizaciones en el aparato de sujeción o durante la insensibilización	5 / 100 (Problema serio)
Animales en los cuales el aparato de insensibilización eléctrica sea colocado en posición incorrecta	6 / 100 (Problema serio)
Tiempo de insensibilización	7 seg (Aceptable)
Intervalo entre insensibilización y desangrado	6.23 seg (Excelente)
Animales sensibles en el riel de desangrado	2 / 100 (Problema serio)

Cuadro 6.- Tiempo promedio que dura un animal en cada etapa del proceso.

ETAPA	TIEMPO PROMEDIO	s	ETAPA	TIEMPO PROMEDIO	s
Insensibilización	0'07"	2.08	Terminado	6'47"	3.05
Desangrado	4'00"	21.52	Eviscerado	1'30"	3.19
Escaldado	2'26"	30.25	Inspección <i>postmortem</i>	0'45"	11.85
Depilado	0'17"	0.94	Lavado	0'45"	13.48
Gambreleado	0'18"	1.01	Transito al anden de carga	2'30"	25.10
Chamuscado / pulido	0'50"	0.81	TOTAL 20'25"		

6.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN CARNE

Las canales no son enfriadas en el rastro, salen del mismo “en caliente”. Las canales consideradas para el presente estudio fueron transportadas en camiones refrigerados y mantenidas en frío hasta el momento de realizar la lectura de los parámetros de calidad a las 24 h.

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos estudiados, se presentan en el Cuadro 7 y el desglose de los valores para cada uno de ellos en el Cuadro 8, Figuras 5 a 10.

Cuadro 7.- Resumen de parámetros fisicoquímicos en carne de cerdo (n = 120/parámetro).

TIEMPO	pH			Temperatura			CRA			Color		
	\bar{x}	s	c.v.	\bar{x}	s	c.v.	\bar{x}	s	c.v.	\bar{x}	s	c.v.
45 min	6.19	0.31	5.01	41	0.63	1.53	0.50	0.08	16.2	54.26	0.58	4.51
24 horas	5.96	0.24	4.03	5.8	1.53	26.4	0.59	0.14	24.7	51.8	0.42	4.25

6.2.1. Medición de pH

El promedio de pH a los 45 min *postmortem*, fue de 6.19 (n = 120). El 14 % de las muestras presentaron valores dentro del rango ≤ 5.8 y el 36 % presentaron valores entre 6.3 y 6.77. La mitad de los valores se situaron en el rango 5.9 - 6.2 (Figura 5).

El promedio de pH a las 24 h *postmortem*, fue de 5.96 (n = 120). El 89 % de las muestras se presentó en el rango 5.5 - 6.2, el 2 % con ≤ 5.4 y el 9 % ≥ 6.3 (Figura 6).

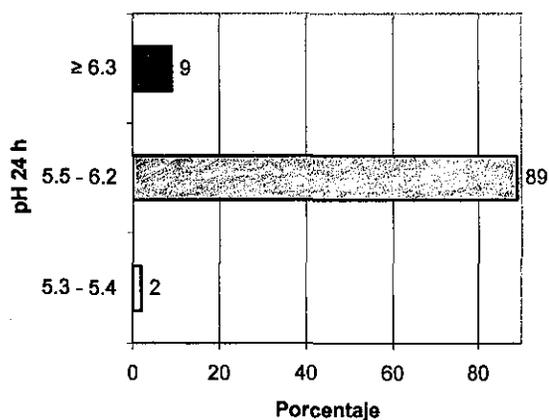
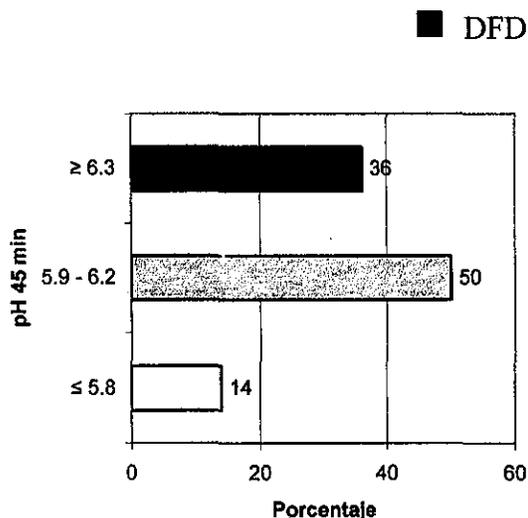


Figura 5.- pH en carne de cerdo a los 45 min

Figura 6.- pH en carne de cerdo a las 24 h

6.2.2. Medición de Temperatura

A los 45' *postmortem*, el 97 % las muestras analizadas presentaron temperaturas ≥ 40 °C, en tanto que a las 24 horas, por efecto de la refrigeración, el 79 % alcanzó ≤ 7 °C (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Temperatura (Grados centígrados) de la carne de cerdo.

Tiempo <i>postmortem</i>	n	Promedio	≤ 39	≥ 40
45 min	120	41	3 %	97 %
24 horas	120	5.8	79 %	21 %
			≤ 7	≥ 7.1

6.2.3. Medición de Capacidad de retención de agua

El promedio de las mediciones de CRA a los 45 min, fue de $Q = 0.5$ ($n = 120$). El 12 % de la muestras presentó una CRA ≤ 0.4 (Carne PSE), el 2 % tuvo valores ≥ 0.72 (Carne asociada al síndrome DFD). El 86 %, presentó valores normales (Figura 7).

El promedio de las mediciones de CRA a las 24 h, fue de 0.59 ($n = 120$). Solo el 1 % presentó valores ≤ 0.35 , y el 17 % ≥ 0.72 . El 82 %, presentó valores normales (Figura 8).

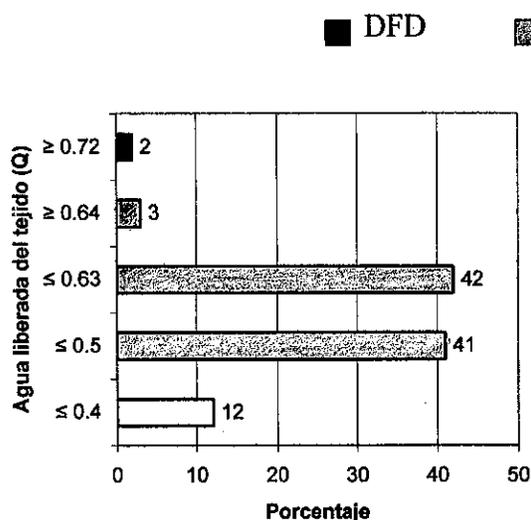


Figura 7.- CRA en carne de cerdo a los 45 minutos

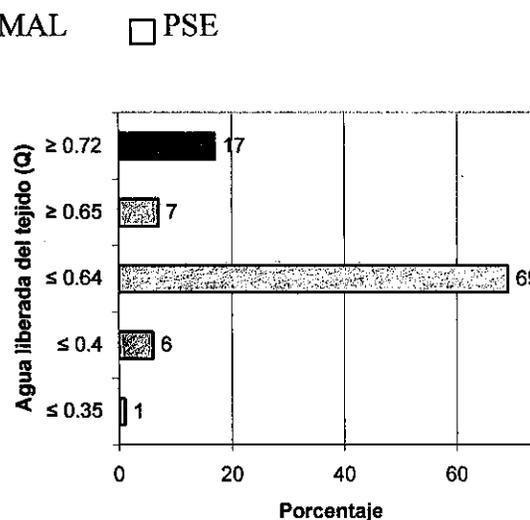


Figura 8.- CRA en carne de cerdo a las 24 h

6.2.4. Medición de Color

A los 45 minutos *postmortem*, el promedio de la luminosidad fue de 54.26* ($n = 120$). El 21 % de las muestras presentó una luminosidad normal de 48-50* (Rojo-rosa). En el rango 42-44* (Rojo rosa oscuro, que también es considerado normal por algunos consumidores) se

ubicaron el 9 %, en el rango 51-59* se ubicaron el 47 % (Color gris-rosa) y el 23 % correspondieron al rango 60 - 61* (Gris-rosa-pálido, carne PSE) (Figura 9).

A las 24 horas *postmortem*, el promedio de la luminosidad fue de 51.8* (n = 120). El 39 % de las muestras presentó una luminosidad de 48-50* y el 7 % correspondieron al rango 60 - 61*, (Color gris-rosa pálido)(Figura 10).

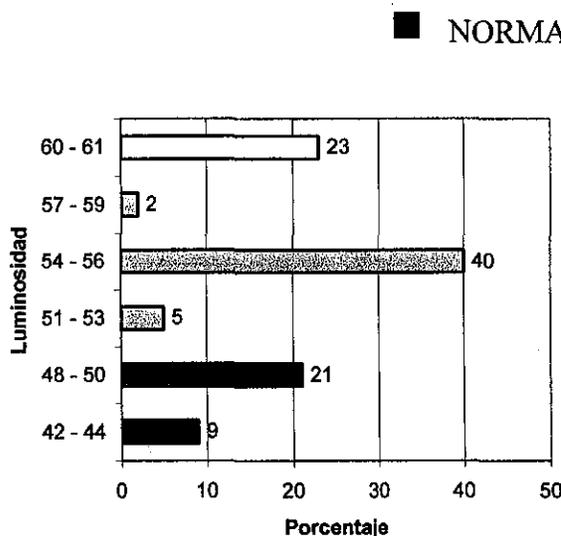


Figura 9.- Color en carne de cerdo a los 45 minutos

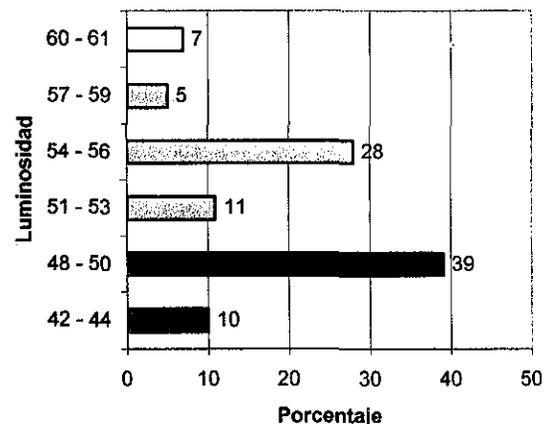


Figura 10.- Color en carne de cerdo a las 24 h

6.2.5. Análisis estadístico entre mediciones *antemortem* y parámetros fisicoquímicos

Al efectuar la Regresión Múltiple ubicando como variables dependientes a los parámetros fisicoquímicos, se detectaron Coeficientes de Correlación altamente significativos para pH y Color ($r = 0.73$ para cada uno) (Cuadro 9).

Al llevar a cabo la Regresión simple entre las mediciones *antemortem* y los parámetros fisicoquímicos a los 45 min (Cuadro 9), se detectaron como estadísticamente significativas las mediciones realizadas de: Temperatura y Humedad relativa en corrales, Tiempo de insensibilización, Temperatura y Tiempo de escaldado, sobre pH y Color principalmente. Las más altas correlaciones se observaron entre Temperatura de escaldado (TE) y pH ($r = -0.5$) y TE y color ($r = 0.48$). Las mediciones *antemortem* no presentaron correlaciones importantes en relación a los parámetros fisicoquímicos a las 24 h ($p > 0.5$).

Cuadro 9.- Correlación entre Parámetros Físicoquímicos en carne (45 min) y otras mediciones.

Parámetros	Regresión Simple					Regresión Múltiple
	Temperatura en Corrales	H.R. en Corrales	Tiempo de Insensibilización	Temperatura de Escaldado	Tiempo de Escaldado	
pH	r = - 0.35 r ² = 12 p < 0.01	r = 0.195 r ² = 3.8 p < 0.1	r = 0.195 r ² = 3.7 p < 0.1	r = - 0.5 r ² = 25.4 p < 0.01	r = 0.3 r ² = 8.3 p < 0.01	r = 0.73 r ² = 53 p < 0.01
Temperatura	r = 0.11	r = - 0.042	r = - 0.009	r = 0.14	r = 0.26 r ² = 6.5 p < 0.05	r = 0.33 r ² = 10.97 p < 0.05
Color	r = 0.38 r ² = 14.4 p < 0.01	r = - 0.24 r ² = 5.7 p < 0.05	r = - 0.286 r ² = 8.15 p < 0.01	r = 0.48 r ² = 23 p < 0.01	r = - 0.31 r ² = 9.8 p < 0.01	r = 0.73 r ² = 53 p < 0.01
CRA	r = 0.109	r = 0.185 r ² = 3.4 p < 0.1	r = - 0.044	r = 0.04	r = 0.066	r = 0.372 r ² = 6.61 p > 0.1

r = Coeficiente de Correlación lineal

r² = Coeficiente de Determinación (Expresado en %)

En el análisis estadístico entre los parámetros medidos a los 45 minutos, el color presentó diferencias altamente significativas (p < 0.01) en relación a pH, con una fuerte correlación de - 0.89. Entre color y temperatura se observaron diferencias significativas (p < 0.05) con una r = 0.24 (Cuadro 10).

Cuadro 10.- Correlación entre Parámetros Físicoquímicos a los 45 minutos.

Parámetros	CRA	Color	Temperatura
pH	r = 0.143	r = - 0.89 r ² = 80 p < 0.01	r = - 0.26 r ² = 6.69 p < 0.01
Temperatura	r = - 0.123	r = 0.24 r ² = 5.6 p < 0.05	
Color	r = - 0.113		

A las 24 horas las diferencias estadísticas (p < 0.05) se observaron solo en pH en relación a CRA (r = 0.2) y Color (r = - 0.25) (Cuadro 11).

Cuadro 11.- Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos a las 24 horas.

Parámetros	CRA	Color	Temperatura
pH	r = 0.207 r ² = 4.2 p < 0.05	r = - 0.25 r ² = 6.3 p < 0.05	r = 0.075
Temperatura	r = - 0.1003	r = 0.089	
Color	r = - 0.1496		

Al comparar los datos a los 45 minutos y las 24 h, solo el pH presentó diferencias significativas, con un coeficiente de correlación de 0.24 (Cuadro 12).

Cuadro 12.- Correlación entre Parámetros Fisicoquímicos 45 min - 24 h.

pH 45'-24h	CRA 45'-24h	Color 45'-24h	Temperatura 45'-24h
r = 0.24 r ² = 5.7 p < 0.05	r = 0.1187	r = 0.1099	r = - 0.0042

6.2.6. Frecuencia de carnes con características normales o anormales

14 % carnes PSE, que el consumidor rechaza, (pH ácido, color gris-rosa-pálido, CRA entre moderadamente baja y baja)

50 % con pH normal, de los cuales:

11 color gris-rosa-pálido y CRA entre moderadamente baja y baja

19 color gris-rosa y CRA moderadamente baja (Normal)

17 color gris-rosa y CRA Normal

3 color gris-rosa y CRA moderadamente alta (Normal)

36 % con pH ligeramente alcalinizado, que el consumidor acepta, de los cuales:

27 color rojo-rosa y CRA normal

9 color rojo-rosa oscuro y CRA moderadamente alta

6.3.- ANÁLISIS BACTERIOLOGICOS

6.3.1. Determinación de *Salmonella*

El porcentaje de aislamientos en ambas muestras *antemortem* es muy semejante 33 % en piel y 29 en heces rectales (sin diferencias significativas en X², p > 0.05), sin embargo, en Nódulos NLM, los hallazgos indican que el 46 % de los cerdos son portadores de la bacteria. En piel *postmortem* la frecuencia fue de 52 % (Cuadro 13). X² entre heces y piel *postmortem* presentó diferencias significativas (p < 0.05).

En 6 de los 48 muestreos, el patógeno estuvo ausente de las cuatro muestras, en 16 muestreos se presentó en una muestra, en 17 muestreos estuvo presente en dos de las muestras, en

los 9 muestreos restantes hubo tres muestras positivas. En ningún muestreo se detectaron las cuatro muestras positivas.

Cuadro 13.- Frecuencia de aislamientos de *Salmonella*

MUESTRA	FRECUENCIA (%)
PIEL <i>ante mortem</i>	33
Heces	29
Nódulos Linfáticos Mesentéricos	46
PIEL <i>postmortem</i>	52
TOTAL	40

A partir de las muestras de piel *postmortem* se encontraron los siguientes serotipos: S. Typhimurium (26 %), S. Enteritidis (23 %), S. Derby (16 %), S. Anatum (10), S. Senftenberg (5 %) y S. London (3 %), en el 17 % restante aún no ha sido determinado el serotipo.

6.3.2. Identificación del Peligro y Evaluación del Riesgo

Identificación del peligro: Al seguir el árbol de escenarios, se determinó que la presencia del patógeno constituye un riesgo potencial, ya que al rastro ingresan cerdos infectados o portadores que eliminan la bacteria e infectan a otros cerdos, que por el tiempo de estancia en los corrales no manifiestan la enfermedad, sin embargo, en conjunto al ingresar a la nave de matanza se constituyen en fuente de contaminación para las canales, equipos y utensilios. Por la naturaleza del patógeno no es posible que sea detectado en la inspección (salvo casos en los que haya evidencia de hallazgos septicémicos), la contaminación cruzada no solo puede ocurrir en el rastro, también ocurre en el transporte de la carne, la venta y la preparación para el consumo, razón por la cual, el humano es susceptible de contraer una infección por el consumo de carne de cerdo contaminada con *Salmonella* spp. (Cualquier especie se considera un peligro potencial).

Evaluación de la difusión: Es transmisible de humano a humano. La dosis infectiva es entre 10^2 y 10^3 bacterias, en algunas ocasiones se han reportado dosis menores. El periodo de incubación puede ser variable, de 6 a 72 horas (por lo regular de 12 a 36 horas). A través de las heces, el enfermo elimina una gran cantidad de bacterias, el período de convalecencia es entre 1 y 8 semanas, según el serotipo, cerca de 1 % de los adultos infectados pueden llegar a excretar el microorganismo por más de un año (OPS, 2001). *Salmonella*, al ser un microorganismo ubicuo, tiene altas posibilidades de diseminación y de llegar a los alimentos por diversas rutas. El origen de las epidemias puede encontrarse en carne y productos cárnicos, asociados a la ausencia de Buenas Prácticas de Manufactura, sobre todo en el proceso de obtención (WHO, 1995; OPS, 2001). En la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se presentan condiciones climáticas templadas, que favorecen la sobrevivencia y proliferación del microorganismo en sustratos con alta actividad de agua y características nutricionales óptimas, como la carne.

Evaluación de la exposición: El 50 % de la producción del RMG, es destinada a la ZMG, el 50% restante se destina a otras localidades del Estado y a los Estados de Michoacán, Zacatecas, Nayarit y Guanajuato (Comunicación personal¹). De acuerdo al estudio realizado por el ITESO/SDREJ (1996), el 41.1 % de la población en la ZMG consume carne de cerdo, lo cual representa 1 683,394 habitantes al 2006 (INEGI, 2006b), población que potencialmente puede resultar afectada. Si el patógeno está presente en el 52 % de las canales (1 de cada 1.923 está contaminada con *Salmonella*), significa que cada mes, aproximadamente 12 480 canales, salen contaminadas del establecimiento, mas las porciones que se contaminen en el transporte, la venta o la preparación para el consumo. Parte de los muestreos fueron las regiones del lomo y la pierna, que son las porciones que más se consumen (14.5 y 14 % respectivamente). El consumo *per capita* promedio por semana de cada miembro de familia se sitúa en 0.166 k. El grupo de edad que más expuesto estaría al peligro es el de mayores de 40 años, ya que es el que más ingiere este tipo de carne (46.7 %) y el que menos consume es el grupo de 15-19 años (20 %). Sin olvidar los grupos de riesgo que también consumen este tipo de carne (niños, ancianos, enfermos).

La principal característica a tomar en cuenta por el consumidor para determinar la calidad de la carne de cerdo, es la frescura (26.3 %), es decir, que sea del día, lo cual puede favorecer el riesgo, si no se respeta la cadena de frío. La carne también es materia prima, por lo que potencialmente puede contaminar las salas de las industrias procesadoras. La Organización Mundial de la Salud (WHO, 1995) estima el riesgo para individuos saludables como Bajo y para individuos en riesgo como Moderado-Severo, sin embargo hay que tener en cuenta que aunque rara vez cause la muerte, la infección por *Salmonella*, representa un costo social alto y es motivo de importantes pérdidas económicas por bajo rendimiento, incapacidad laboral (en promedio durante 7 días), gastos por medicación y su repercusión en el turismo.

Evaluación de las consecuencias: En México, no se conoce el papel que juega el cerdo como transmisor de salmonelosis, ya que existen otras fuentes de contagio y el sistema de notificación no contempla la determinación del alimento involucrado (Comunicación personal²), sin embargo, la salmonelosis es la segunda causa de enfermedad en humanos y el primer lugar en relación a la necesidad de monitoreo en la cadena porcícola, para los E.U.A. No se pueden atribuir pérdidas en la producción por la presencia de la bacteria, ya que no es un microorganismo deteriorador, sin embargo, si hay consecuencias directas para la Salud Pública. Más de 500 millones de personas viajan como turistas todos los años, más del 50 % de los cuales experimentan diarrea, entre el 20 - 50 % de esos casos son causados por agentes infecciosos, sobre todo en países en desarrollo. En México uno de cada tres casos registrados corresponde a ETA (OPS/SS, 1993). En Jalisco la tendencia de enfermedades infecciosas del aparato digestivo es al alza, como se muestra en el cuadro 14 (SSJ, 2005; SSJ, 2006).

Como no siempre se determina el agente etiológico, un número de casos desconocido puede quedar ubicado en las enfermedades infecciosas intestinales, pudiendo haber sido algún tipo de salmonelosis. En la Secretaría de Salud no existen datos estadísticos que señalen la importancia de la carne de cerdo como transmisor de la salmonelosis. Solo en el 38.4 % de los brotes se identifica el alimento, la carne de cerdo ha sido implicada en el 1.5 % de los brotes notificados, aunque la mayoría de las veces no se precisa el agente etiológico. Se estima que *Salmonella* representa el 32% de los casos de ETA (OPS/SS, 1993; Comunicación personal²).

¹ M.V.Z. Enrique González Arana, Director del Rastro Municipal de Guadalajara, Octubre 2003

² Dra. Lucía Salazar Montes Jefe del Depto. de Epidemiología SSJ, 2006

Cuadro 14.- Casos acumulados de Enfermedades Infecciosas del Aparato Digestivo a la semana epidemiológica 52, en Jalisco.

CIE-10 ^a Rev.	Fiebre Tifoidea		Paratifoidea y otras Salmonelosis		Intoxicación Alimentaria Bacteriana		Enfermedades Infecciosas Intestinales	
	A01.0		A01.1-A02		A05		A01-A03,A04,A05,A06.0- A06.3,A06.9,A07.0- A07.2,A07.9,A08-A09	
Año	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Semana 52	885	992	6 974	6 392	6 463	7 669	348 830	372 769

Es difícil conocer el impacto económico exacto que tiene el consumo de carne de cerdo contaminada con *Salmonella*, sin embargo, la OPS/SS (1993) han estimado para México (en millones de dólares) en relación a las ETA lo siguiente: Costo de hospitalización = 112.5; Costo del tratamiento ambulatorio = 108.9; Costo de la ausencia laboral por incapacidad = 39.6.

El humano puede resultar expuesto a la bacteria debido al mal manejo y a las contaminaciones cruzadas, aún cuando ésta no se consuma comúnmente cruda. Quienes si consumen el producto crudo son la fauna de compañía e incluso las especies sinantrópicas y salvajes, quienes una vez que adquieren la infección se convierten al igual que el humano en excretores de la bacteria, haciendo la cadena de contaminaciones cada vez más grande, llegando a repercutir incluso en la merma de poblaciones animales susceptibles.

Estimación del riesgo: Más del 40 % de la población de la ZMG consume carne de cerdo (ITESO, 1996), la cual es proveída por el RMG. La consecuencia puede ser un alto índice de enfermedades diarreicas, con altos costos económicos. Se estima que la probabilidad de adquirir salmonelosis por el consumo de carne de cerdo obtenida en el RMG, puede ser elevada, sobre todo por contaminaciones cruzadas al momento de la preparación para el consumo, ya que la contaminación de la carne en el proceso de obtención constituye una fuente importante de infección para el hombre y los animales (WHO, 1999).

6.3.3. Evaluación de la carga bacteriana en aire

6.3.3.1. Bacterias Mesófilas Aerobias. El promedio de BMA con matanza en los tres días fue de $3.9 \log_{10}$ UFC/m³ de aire, osciló entre 3.6 y 4.4 (con un valor mínimo individual de 3.16 y un máximo de 4.97). Sin matanza promedio de los tres días fue de $3.7 \log_{10}$ UFC/m³ de aire, osciló entre 3.2 y 3.9 (con un valor mínimo individual de 2.78 y un máximo de 4.5) (Figura 11)

El cuadrante más contaminado con matanza fue el N° 3 ($4.4 \log_{10}$ UFC/m³) y sin matanza el N° 2 y el N° 7 ($3.9 \log_{10}$ UFC/m³) (Figura 11).

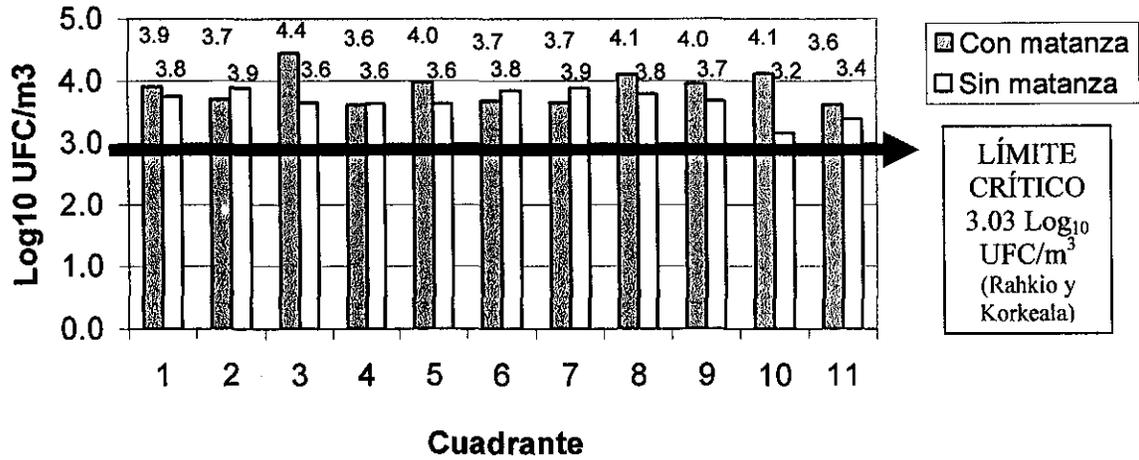


Figura 11.- Bacterias mesofilas aerobias en la nave de sacrificio con y sin matanza

El día miércoles presentó la más alta carga bacteriana con matanza 4.2 log₁₀ UFC/m³ y la más baja sin matanza 3.6 (Figura 12), con una desviación estándar de 0.18 y 0.42 respectivamente (Cuadro 15).

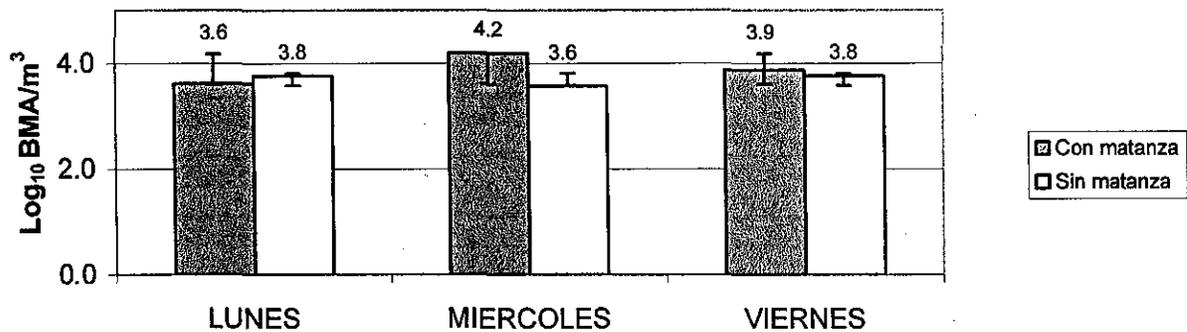


Figura 12.- Promedio de bacterias mesofilas aerobias por día

El análisis estadístico del día miércoles arrojó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los muestreos con y sin matanza. (Cuadro 15).

Cuadro 15.- Análisis estadístico para determinar significancia entre cargas Bacterianas de BMA (Log₁₀ UFC/m³ de aire).

DIA		\bar{x}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	s
Lunes	CM	3.6	$p > 0.05$	0.98	0.306
	SM	3.8		1.4	0.362
Miércoles	CM	4.2	$p < 0.01$	0.63	0.180
	SM	3.6		1.49	0.422
Viernes	CM	3.9	$p > 0.05$	1.81	0.584
	SM	3.8		0.55	0.162

El menor promedio de humedad relativa (41.9 %) y de temperatura ambiental en la sala de sacrificio (22.1°C), se registró el miércoles sin matanza. El mayor promedio de ambos parámetros se presentó el día viernes con matanza, 63 % y 27.4°C (Cuadro 16).

Cuadro 16.- Temperatura ambiental y humedad relativa promedio en la nave de sacrificio.

	LUNES		MIÉRCOLES		VIERNES	
	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA
TEMPERATURA (° C)	27.3	24.7	26.9	22.1	27.4	23.7
HUMEDAD RELATIVA (%)	45	63	60	41.9	63	57

6.3.3.2. Evaluación de organismos coliformes totales. El promedio de OCT con matanza se situó en 1.7 Log₁₀ UFC/m³ de aire, en tanto que sin matanza fue de 0.6.

Con matanza, el cuadrante N° 3, presentó los mayores valores en coliformes totales (2.3 Log₁₀ UFC/m³ de aire). El menos contaminado, fue el N° 11 con 0.8. Sin matanza, el cuadrante N° 6 presentó la más alta carga bacteriana de OCT, con 1.2 Log₁₀ UFC/m³ de aire. Los cuadrantes 2, 4, 10 y 11 no presentaron coliformes totales (Figura 13).

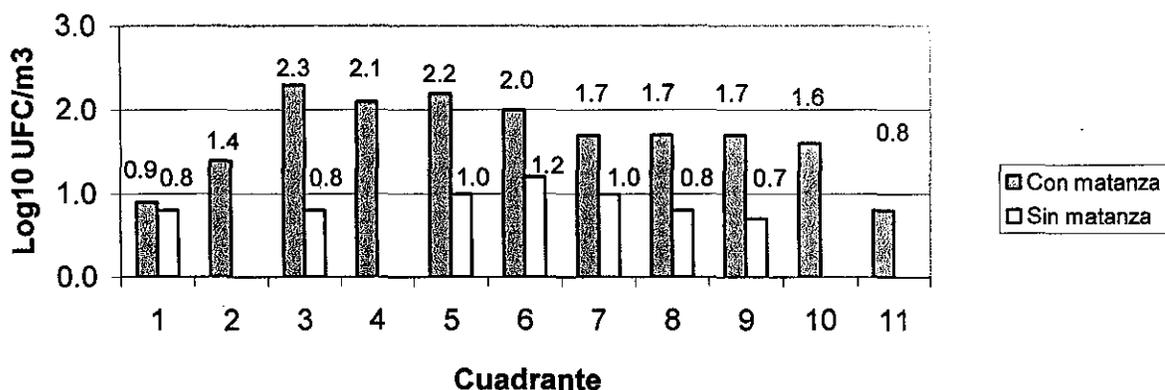


Figura 13.- Organismos coliformes totales en la nave de sacrificio con y sin matanza

El día miércoles presentó los más altos promedios de OCT con matanza, 2.1 Log₁₀ UFC/m³ de aire) y sin matanza, 0.9 (Figura 14), con una desviación estándar de 0.527 y 0.765 respectivamente (Cuadro 17).

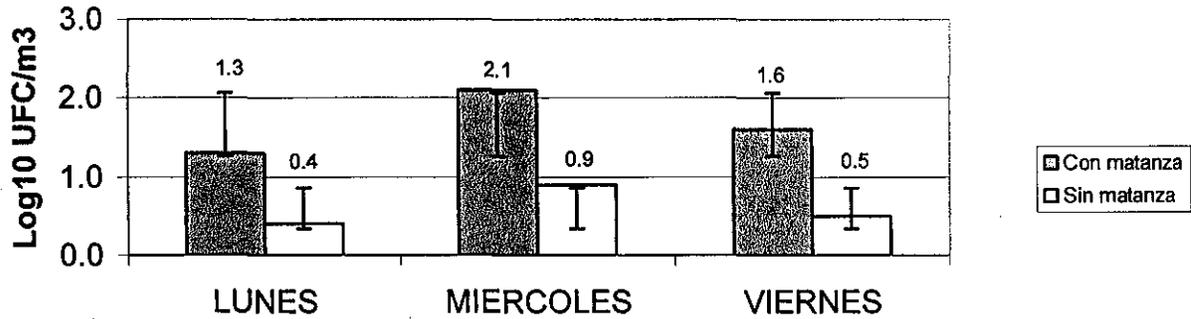


Figura 14.- Promedio de coliformes totales por día

6.3.3.3. Evaluación de organismos coliformes fecales. El promedio de OCF con matanza se situó en 1.6 Log₁₀ UFC/m³ de aire, en tanto que sin matanza fue de 0.6.

El cuadrante N° 3, presentó en promedio de los tres días con matanza los mayores valores en OCF (2.2 Log₁₀ UFC/m³ de aire) y sin matanza, el N° 6 con 1.2. Se puede observar que en los cuadrantes 2, 4, 10 y 11 hay presencia de OCF solo durante la matanza (Figura 15), y en los cuadrantes 1, 2, 6, 9, 10 y 11, todos los OCT, son OCF (Figuras 13 y 15).

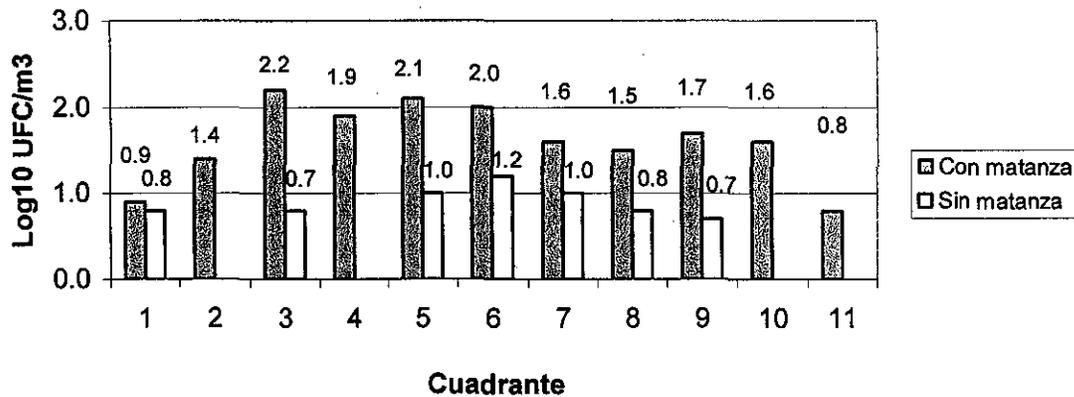


Figura 15.- Organismos coliformes fecales en la nave de sacrificio con y sin matanza.

El día miércoles presentó los más altos promedios de OCF con matanza, 2.1 Log₁₀ UFC/m³ de aire) y sin matanza, 0.9 (Figura 16), con una desviación estándar de 0.527 y 0.765 respectivamente (Cuadro 18).

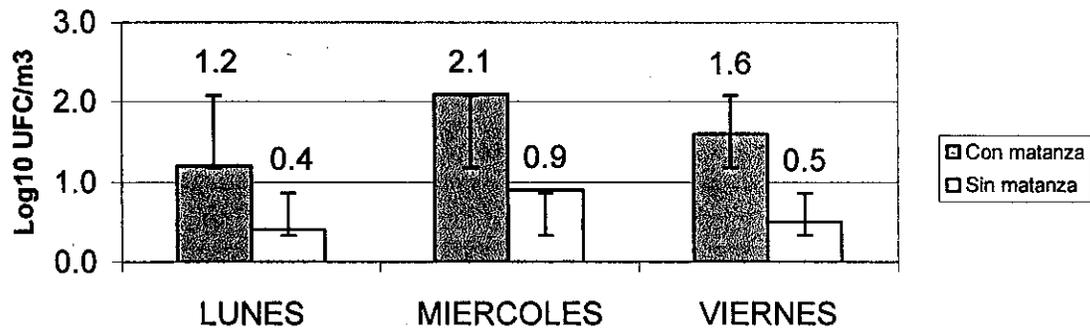


Figura 16.- Promedio de coliformes fecales por día

El análisis estadístico de las cuentas de Organismos Coliformes Totales (Cuadro 17) y Coliformes Fecales (Cuadro 18) entre los muestreos con y sin matanza, de los tres días, presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$).

Cuadro 17.- Análisis estadístico para determinar significancia entre coliformes totales (Log₁₀ UFC/m³ de aire).

DIA		\bar{x}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	s
Lunes	CM	1.29	$p < 0.01$	2.11	0.567
	SM	0.4		1.47	0.578
Miércoles	CM	2.14	$p < 0.01$	1.6	0.527
	SM	0.91		1.95	0.765
Viernes	CM	1.62	$p < 0.01$	2.23	0.695
	SM	0.48		1.84	0.711

Cuadro 18.- Análisis estadístico para determinar significancia entre coliformes fecales (Log₁₀ UFC/m³ de aire).

DIA		\bar{x}	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	s
Lunes	CM	1.18	$p < 0.01$	2.0	0.526
	SM	0.4		1.47	0.578
Miércoles	CM	2.07	$p < 0.01$	1.6	0.527
	SM	0.85		1.95	0.765
Viernes	CM	1.62	$p < 0.01$	2.23	0.695
	SM	0.48		1.84	0.711

6.3.3.4. Correlaciones. La correlación entre BMA, OCT y OCF (variables dependientes) y Temperatura y Humedad Relativa simultáneamente, presentó diferencias estadísticas altamente significativas para OCT y OCF (Cuadro 19).

En el análisis de correlación lineal simple entre los parámetros incluidos en el estudio, se observa que los coliformes totales y fecales son influenciados por la temperatura ($r = 0.42$) y las BMA por la humedad relativa ($r = 0.31$). También se puso de manifiesto que existe correlación positiva altamente significativa entre BMA y Coliformes ($r = 0.4$) (Cuadro 20).

Cuadro 19.- Regresión múltiple entre temperatura y humedad relativa ambientales y cuentas bacterianas en la nave de sacrificio.

Cuentas bacterianas	Temperatura / Humedad Relativa		
BMA	r = 0.3462	r ² = 11.99	p < 0.05
Coliformes Totales	r = 0.4315	r ² = 18.62	p < 0.01
Coliformes Fecales	r = 0.4332	r ² = 18.77	p < 0.01

Cuadro 20.- Regresión simple entre temperatura y humedad relativa ambientales y cuentas bacterianas en la nave de sacrificio.

PARÁMETROS				
1	2	r	r ²	p
TEMPERATURA	Humedad Relativa	0.1869	3.49	>0.1
	BMA	0.1918	3.68	>0.1
	Coliformes Totales	0.4288	18.39	<0.01
	Coliformes Fecales	0.4255	18.10	<0.01
HUMEDAD RELATIVA	BMA	0.319	10.17	<0.05
	Coliformes Totales	0.1276	1.62	>0.1
	Coliformes Fecales	0.1599	2.55	>0.1
BMA	Coliformes Totales	0.4613	21.28	<0.01
	Coliformes Fecales	0.478	22.84	<0.01
COLIFORMES TOTALES	Coliformes Fecales	0.9938	98.77	<0.01

r² = Coeficiente de determinación (%)

La presencia de las bacterias estuvo distribuida de la siguiente forma:

Con matanza: *E. coli*, estuvo presente en 9 de 11 cuadrantes con 9.33% del total de las cepas analizadas, *Enterobacter* (11/11 ; 31.55%); *Citrobacter* (5/11 ; 4.8%) y *Klebsiella* (2/11; 1.33%). En 10 de 11 cuadrantes hubo bacterias coliformes no identificadas (26.22%) (Cuadro 24).

Sin matanza: En 5 de 11 cuadrantes se encontró *E. Coli* (4%), *Enterobacter* (7/11 ; 13.4%); *Citrobacter* (1/11 ; 0.9%) y *Klebsiella* (1/11 ; 0.44%). bacteria coliformes no identificadas se localizaron en 7 de 11 cuadrantes (8%) (Cuadro 24).

Cuadro 21.- Distribución de géneros de coliformes fecales por cuadrante

GENEROS	CUADRANTES											
	<i>Klebsiella</i>	*								*		
	<i>Citrobacter</i>	●			*	*		*	*	*		
	No identificadas	●	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Enterobacter</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>E. coli</i>	*	*	*	*		*	*	*	*	*		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

* Con Matanza
● Sin Matanza

7. DISCUSIÓN

7.1. EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL Y SU RELACIÓN CON LOS PARAMETROS FISICOQUÍMICOS EN CARNE

Actualmente no se puede recurrir solo a los parámetros fisiológicos para evaluar el nivel de estrés, debido a problemas inherentes al control bioquímico. La aceptación generalizada de la correlación negativa entre el estrés y la productividad ha sido muy útil y beneficiosa, lo que ha llevado a esfuerzos continuos para mejorar las condiciones ambientales no solo en granja, sino también en rastro (CCAC, 1998a). Al ser estresados, los cerdos sufren una muy intensa glicólisis postmortem, lo cual causa un rápido decremento del pH (por debajo de 5.8), cuando la temperatura muscular es aún elevada (>35 °C), o bien, cuando la carne no ha sido enfriada adecuadamente, llegando a convertirse en PSE (Mitchell and Heffron, 1982; Bañón et al., 1998; Cornforth, 1999).

Existe una variación considerable en cuanto a los alcances o restricciones de la definición de PSE, la cual a pesar de ser realizada con mediciones objetivas, no deja de ser sujeta a diferentes criterios, ya que en algunos lugares la carne que es considerada como afectada por este síndrome, en otros puede ser considerada como normal. Algunos autores consideran un pH < 6.0 a los 45 min como indicador de PSE, mientras que otros sugieren como límite el ≤ 5.8 o 5.7 y en cuestión de color el gusto del consumidor no siempre está centrado en el óptimo de luminosidad, marcado como 49* ya que hay quienes prefieren coloraciones ligeramente más oscuras (43*).

7.1.1. Transporte al rastro

El trato humanitario en la movilización de animales se define como el conjunto de medidas para disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismos y dolor de los animales durante su captura, movilización, exhibición, cuarentena, comercialización, aprovechamiento, entrenamiento y sacrificio (SAGAR, 1998). Se debe mantener a los animales tranquilos, evitando gritos, ruidos excesivos y golpes que provoquen traumatismos, en cualquiera de las etapas mencionadas (SAGAR, 1996b).

El transporte de los animales y su estancia en los corrales del rastro puede tener un impacto significativo en la inocuidad de la carne y paralelamente se requiere que se considere el bienestar animal (Codex, 2002). Todos los animales en estudio fueron transportados en camiones

especialmente diseñados para tal fin, que cumplen con las especificaciones de la NOM-051-ZOO-1995 (piso antiderrapante, ventilación adecuada y espacio mínimo de 0.45 m² por cerdo) (SAGAR, 1998). En climas templados, como el que se presenta en la ZMG, de acuerdo a lo publicado por Grandin (2002), no se observan problemas en el transporte, atribuibles a la temperatura ambiental.

Los cerdos que se transportan de distancias cortas (menos de 30 min), son más difíciles de manejar, por lo que tienden a mostrar mayor incidencia de PSE (Grandin, 1999). En el presente estudio, el tiempo máximo de transporte fue de 1:30 h y el mínimo de 1 hora, desde distancias no mayores de 150 km, por lo que se cumple con el período de movilización sin descanso, que no debe exceder más de 8 h (SAGAR, 1998). El transporte continuo de más de 12 h debe ser prohibido (Stegen, 1993). Los cerdos transportados durante 8, 16 y 24 h, pierden el 2.0, 2.2 y 4.3 % de peso vivo respectivamente, el cual puede ser recuperado parcialmente durante el descanso (Brown, et al, 1999).

Al RMG arriban el 2 % de animales caídos en transporte, probablemente afectados por un inadecuado dietado y por el mal manejo del operario ya que si el dietado es menor a 12 h se puede presentar un aumento de la incidencia de animales caídos o muertos al arribo a la planta (Velazco, 2001a; PIC, 2003). Este dato contrasta con lo observado por Warriss y Brown (1994), quienes reportan un 0.061 % de animales muertos en transporte y 0.011 % de muertes en corrales del rastro al evaluar siete establecimientos. Grandin (2002), reporta que en vehículos catalogados como excelentes, los mayores problemas son causados por la gente, tales como sobrecarga o uso excesivo de arreadores eléctricos.

Los vehículos destinados para el transporte de los cerdos no son sometidos en el rastro a limpieza y desinfección después de cada traslado, como lo especifica la SAGARPA (1995), por lo que no se elimina la posible presencia de microorganismos y la diseminación de enfermedades esta latente.

7.1.2. Manejo en recepción / corrales

Las prácticas de manejo en rastro son responsables del 10 al 15 % de PSE (Grandin, 1998) e involucran desde el descenso de los animales hasta la refrigeración de la carne. El desembarcadero cuenta con rampa móvil de piso antiderrapante (deteriorado) y está ubicado

cerca de la puerta de entrada y de los corrales de existencia, por lo que se evitan arreos innecesarios y manejo excesivo, como lo señala la normatividad (SAGAR, 1998; SAGAR, 1999). El mal manejo, no solo puede causar contusiones, sino un alto grado de estrés que repercute en la calidad de la carne. Los cerdos por sus características genéticas tienden a ser más excitables y difíciles de manejar en el rastro, situación que conlleva a prestar mayor atención en el bienestar animal, tanto por la repercusión económica como por el respeto a los animales (von Mickwitz y Heuking, 1990; von Wenzlawowicz, 1994). Si los animales no sufrieron estrés durante el transporte y desembarco, si lo sufren al momento en el que son marcados con “fierro” a su llegada, antes de que sean llevados a los corrales.

Los corrales y las mangas deben ser de material anticorrosivo, de pisos impermeables y antiderrapantes, con declive que evite el estancamiento de líquidos y con techo que cubra por lo menos el 50% de la superficie (CCAC, 1998a; SAGAR, 1999). Las instalaciones de los corrales y mangas en el RMG, son de diseño aceptable, todos con piso de cemento, aunque no antiderrapante. Los 98 corrales de existencia están contruidos con muros de ladrillos. 4 de los corrales de espera poseen barrotes de metal y 22 son de ladrillo. Cuentan con techo elevado que permite su ventilación y sombra en el 100 % de la superficie, pero el mantenimiento es deficiente, se presentan muros deteriorados y encharcamientos en corrales y pasillos.

De los 98 corrales de existencia, se utilizan entre 20 y 25 (solo algunos cuentan con aspersores que son utilizados cotidianamente), cuando los corrales de espera están saturados o cuando los animales no han sido dietados.

Los que se utilizan permanentemente son los 26 corrales de espera, 22 de los cuales cuentan con 22 m², lo que sería suficiente para 36 cerdos, considerando 0.6 m²/cerdo (Chambers y Grandin, 2001), 3 son de 26 m² (43 cerdos) y 1 de 46 m² (76 cerdos), en este último se registró un máximo de 62 animales, en todos los corrales de espera se considera como aceptable la densidad animal, de acuerdo al parámetro citado. No existe un consenso respecto al espacio mínimo que deba disponerse para la estancia de los cerdos en rastro, sin embargo, al no presentarse diferencias significativas entre la densidad animal/corral y los parámetros fisicoquímicos en carne se considera que el valor establecido por la NOM-008-ZOO-1994 (SAGAR, 1999), para determinar la capacidad de los corrales (1.2 m² por cabeza de porcino), es demasiado restrictivo y debería cambiar, en ese sentido, la CCAC (1998a), indica que animales

de 90 kg requieren de 0.70-0.78 m² y los de 100 kg requieren de 0.76-0.85 m², lo cual es más permisible que la citada NOM.

El tiempo de descanso de los animales en estudio (2-5 h) discrepa con lo que la legislación señala "los cerdos deberán permanecer en los corrales de descanso un mínimo de 12 h y un máximo de 24 h" (CEJ, 1983; SAGAR, 1996a). Sin embargo, coincide con autores que recomiendan que para animales transportados en promedio 100 km y que van a ser sacrificados el mismo día, el reposo en corrales debe ser entre 2 y 4 horas, ya que el descanso menor a dos horas repercute en la presentación de carnes PSE y períodos mayores a 4 h favorecen la aparición de carnes DFD (Sackmann, et al., 1989; von Mickwitz y Heuking, 1990; UMVV, 1998).

A este respecto, Miller y Ramsey (1996), indican que existe un menor grado de desnaturalización de la proteína en el músculo largo dorsal de los cerdos que han descansado hasta tres horas, en tanto que Chambers y Grandin (2001), señalan que el descanso de los cerdos durante una hora antes de la matanza, aunado a un manejo tranquilo, puede reducir considerablemente el riesgo de PSE. Brown, et al. (1999), señalan que seis horas de reposo con acceso al alimento y agua ayudan a mejorar los parámetros fisiológicos y retornar a los niveles que tenían antes del transporte sobre todo en los animales transportados entre 16 y 24 h. Sackmann (1989), señala que en el lomo la glucólisis puede ser notablemente acelerada por los tiempos de reposo, ya sea demasiado cortos o demasiado largos, pero en el músculo semimembranoso no hay cambios en el patrón de glucólisis después de diferentes tiempos de espera. En este contexto se requieren estudios específicos para determinar en las condiciones locales, cual es el tiempo de reposo adecuado según el tiempo de transporte y su repercusión particular en diferentes masas musculares.

Los corrales de los animales empleados en la evaluación tuvieron agua para beber, aunque la mayoría de las veces no estaba limpia. La disponibilidad de agua no es la adecuada en todos los corrales de espera, de los 26 solo 11 la tienen regularmente, por lo que se considera un problema serio (Grandin, 1999), ya que los animales deben tener acceso a agua fresca en abundancia, para tranquilizarlos y reducir el riesgo de carnes de baja calidad y ser alimentados cuando el período de descanso sea superior a 24 horas (CEJ, 1983; von Wenzlawowicz, 1994; SAGAR, 1999; Velazco, 2001a; Codex, 2002), los animales en estudio no requirieron de alimentación en el rastro.

Para tener un buen manejo de los cerdos en corrales, es necesario tener en cuenta que el comportamiento de estos animales es gregario y no caminan en filas, por lo que al obligarlos a hacer esto rehúsan caminar hacia adelante y alteran al resto del grupo, provocando resbalones y caídas. Se observó que el arreo a los corrales de última espera y al punto de insensibilización es especialmente difícil para estos animales, ya que el 5 % de los cerdos en el RMG caen durante el arreo al lugar de insensibilización, lo cual es considerado como no aceptable y está asociado a que es frecuente ver grupos de 20 y hasta 44 animales que son llevados al corral de aguante (o de última espera), lo cual propicia el uso excesivo de arreadores eléctricos, se recomienda que los grupos de cerdos llevados al sacrificio sean de 9 a 10 individuos para reducir la excitación de los mismos (von Mickwitz y Heuking, 1990; CCAC, 1998a; Grandin, 2002).

Las condiciones de manejo en corrales de 11 plantas en los E.U.A. fueron calificadas como aceptable o excelente, 3 plantas calificaron como no aceptable en el cajón de insensibilización, por utilizar excesivamente los arreadores eléctricos (Grandin, 2002), situación semejante a la encontrada en el presente estudio, 4 de los aspectos evaluados tienen relación con el manejo en corrales, cuyas condiciones se catalogaron como aceptables, sin embargo, los trabajadores del área de corrales, han recibido capacitación en el arreo de animales, pero no son supervisados, por lo que es frecuente el uso indiscriminado de los arreadores eléctricos (en 79 de cada 100 animales), lo cual es considerado como un problema serio (Grandin, 1999), 32 de dichos animales son arreados de esta manera dos, tres o hasta cuatro veces. En algunas ocasiones es usado el arreador para golpear a los cerdos, situación que debe evitarse. Las plantas con alta frecuencia de uso de los arreadores eléctricos tienen hasta tres veces más de muertes y cerdos estresados caídos (Grandin, 2002), a pesar del alto porcentaje de animales arreados con electricidad, solo en una ocasión se observó la muerte de un animal por esa causa, sin embargo, los efectos adversos del uso indiscriminado de ese tipo de arreadores persisten en el músculo ya que desencadena una glucólisis rápida, dando como resultado carnes con características indeseables.

Es importante tener regulada la velocidad del proceso de obtención para lograr que conduciendo grupos pequeños de animales se este abasteciendo adecuadamente a la línea de matanza, además de una concientización permanente más profunda en los operarios acerca de los cerdos como seres sensibles, así como de las consecuencias de un manejo deficiente, ya que se cree que por ser destinados al sacrificio no son dignos de respeto.

A la sala de matanza entran en promedio 2 cerdos caídos / día (hecho que no es exclusivamente atribuible al mal manejo, ya que también pueden tener esta condición por enfermedad), los cuales son trasladados en un vehículo exclusivo para tal fin (SARH, 1994b) en estado de deterioro, aunado a que el manejo del operario es incompatible con el bienestar animal, habría que atender a las causas de la condición de animal caído para valorar la importancia de este parámetro, ya que aún no se han establecido límites al respecto, probablemente tiene relación con el 2 % de los animales caídos en transporte.

Los cerdos suelen adaptarse y están cómodos en una gran variedad de condiciones climáticas, siempre y cuando se les provea de instalaciones apropiadas que les permitan conservar o eliminar el calor del cuerpo. Para los adultos, la zona de confort es de 15-25 °C y una Humedad Relativa de 40-80 %. (CCAC, 1998a).

La temperatura promedio en corrales del RMG fue de 25.6 °C (ligeramente por arriba del valor recomendado), al efectuar la correlación lineal con los parámetros fisicoquímicos a los 45', presentó los más altos coeficientes respecto a pH ($r = -0.35$) y Color ($r = 0.38$) (Cuadro 9), los cuales fueron altamente significativos ($p < 0.01$) (Ver anexo IV, valores críticos para el coeficiente de correlación de Pearson). El 12 % de la variabilidad del pH y el 14.4 % del color, es explicada por la asociación lineal entre las variables (valor de r^2). De acuerdo a Sackmann, et al. (1989), la temperatura ambiental de más de 15 °C en el día del sacrificio puede causar deterioro en la calidad de la carne, lo cual coincide con lo aquí reportado, es decir, cuando aumenta la temperatura en corrales, el tejido muscular tiende a la acidificación y a ser más luminoso.

La humedad relativa promedio en corrales fue de 64.7 % (valor dentro del rango mencionado), este parámetro afectó a tres de las mediciones de calidad, en relación a pH el coeficiente de correlación fue de 0.19, para CRA fue de 0.18, con significancia a $p < 0.1$. En cuanto al Color, $r = -0.24$, significativo a $p < 0.05$. Lo anterior puede significar que la humedad relativa tiene un efecto compensatorio en relación a la temperatura, ya que cuando aumenta la humedad relativa, el pH tiende a la alcalinidad, la carne es menos luminosa y pierde menos agua.

Fisiológicamente la fluctuación en las combinaciones de temperatura y humedad relativa puede tener repercusiones importantes, ya que el confinamiento sobre pisos de cemento (como

ocurre en el RMG), interfiere con la transferencia de calor. El colocar paneles con orificios en todos los corrales en lugar de bardas de ladrillo, facilitaría la circulación del aire al nivel de los animales, lo cual disminuiría la temperatura corporal y ambiental, aumentando el porcentaje de H.R., con lo que se disminuiría el efecto negativo que favorece la aparición de carnes PSE. Lo anterior requeriría de estudios para determinar los valores más adecuados para el microambiente de los corrales.

7.1.3. Insensibilización/Desangrado

Los cerdos pasan un baño por aspersion antes de ingresar a la sala de matanza (SAGAR, 1999), que por la intensidad del chorro de agua, la duración y el manejo, solo contribuye a conducir mejor la electricidad al momento de la insensibilización, más que a disipar el estrés de los animales y a disminuir un poco la contaminación visible en piel. En la conexión de la manga con el cajón de insensibilización el cerdo se enfrenta a un espacio más oscuro por lo que rehúsa entrar a el, se debería colocar una fuente de luz intensa, al interior del área de insensibilización para que los cerdos no se resistan a caminar.

En el RMG, se emplea electroanestesia y los cerdos son inmovilizados en el sujetador hasta el momento en el que se realiza dicha operación, conforme a lo señalado por la normatividad (CEJ, 1983; SAGAR, 1999). El tiempo de insensibilización, 7 seg promedio (350v, 1.25 amp), presenta una correlación positiva respecto al pH ($r = 0.19$) ($p < 0.1$) y negativa en relación al color ($r = - 0.28$) ($p < 0.01$). Es decir, cuando el tiempo de insensibilización aumenta (a voltaje constante), el pH tenderá a ser más alcalino y el color más oscuro. Al respecto, Troeger y Woltersdorf (1989a) al evaluar diferentes métodos de insensibilización, reportan que la combinación de voltajes bajos y tiempos de insensibilización largos resulta en pH's con tendencia a la alcalinidad, al igual que voltajes altos y tiempos cortos.

El tiempo de contacto de los electrodos con la piel debe ser mínimo de 4 segundos para provocar una insensibilización suficiente (A voltajes de 250 v o mayores) que permita el desangrado indoloro (Troeger y Woltersdorf, 1989b). Cuando se utilizan voltajes entre 150 y 250 v se provoca malestar para el animal, sobre todo cuando los electrodos no son bien colocados (Anil y McKinstry, 1998). Si el amperaje es bajo, provocará un aturdimiento incompleto, hematomas, golpes y desangrado insuficiente, cuando es alto, demerita la calidad de la carne

acelerando el *rigor mortis*, produciendo carnes PSE y un amperaje excesivo causa petequias e incluso huesos rotos (von Wenzlawowicz, et al., 1994).

El área seca de animales insensibles no existe, las especificaciones para el área de desangrado se cumplen (SAGAR, 1999). El corto tiempo entre insensibilización y desangrado (6.23 seg) y el colgado inmediato en el riel probablemente favorezcan la calidad de la carne, fue la única de las mediciones catalogada como excelente, ya que se recomienda que el desangrado sea realizado entre 15-20 segundos después del aturdido, debido a que los cerdos pueden volver a la conciencia después de éste tiempo (SAGAR, 1996b; Grandin, 1999), esta medición no presentó diferencias estadísticas significativas en relación a los parámetros fisicoquímicos en carne, pero si se detectó la tendencia de que a intervalos mayores el pH es más bajo, como lo señalan Troeger y Woltersdorf (1989a) y las coloraciones son más luminosas.

Un tiempo inadecuado entre insensibilización y desangrado puede causar daños al músculo, así como convulsiones al desangrado, contribuyendo a la aparición de carnes PSE o Roja, Suave Exudativa (Grandin, 1999). Sackmann (1989), considera que el músculo semimembranoso reacciona más al estrés mecánico, ya que hay una tendencia hacia una glucólisis rápida en el jamón del lado en el cual el animal ha sido colgado después de la insensibilización, pero este hecho no tiene influencia en el lomo.

El método de sacrificio es el indicado por la NOM-033-ZOO-1995 (SAGAR, 1996b), por corte de la vena cava anterior. En el caso de los sacrificios de emergencia también se aplican los mismos métodos de insensibilización y desangrado.

El porcentaje de vocalizaciones en el aparato de sujeción o durante la insensibilización (5 %), las ocasiones en las que el aparato es colocado en posición incorrecta (6 %) y los animales sensibles en el riel de desangrado (2 %), están relacionados entre sí e indican que los operarios no realizan adecuadamente su labor, lo cual es catalogado de acuerdo al American Meat Institut, como problema serio (Grandin, 1999). Los animales concientes no deben ser depositados en la tina de escaldado (CEJ, 1983), si bien se detectaron 2 % de animales sensibles, no necesariamente significa que en esa condición hayan entrado al escaldado, ya que el tiempo total de desangrado promedio es de 4 min, sin embargo, con un aturdimiento incompleto se provoca un desangrado insuficiente, lo cual probablemente asociado a la temperatura y tiempo de permanencia en el tanque, repercute en la coloración final del músculo, que no será tan pálido como se esperaría.

7.1.4. Escaldado

Bußman (1994), señala que los cerdos anestesiados con CO₂ y sumergidos al escaldado colgando, presentan temperaturas menores (0.1 – 0.4 °C) que los insensibilizados con electricidad y escaldados depositando al animal en el tanque, con la misma ocurrencia de carne PSE.

El RMG, cuenta con una tina de escaldar, metálica, libre de óxido y con circulación continua del agua, con lo que cumple la especificación de la SAGAR (1999). La ICMSF (1988), señala como recomendable 60°C, para un adecuado depilado sin sobreescaldado, pero no especifica el tiempo de duración. En el RMG, los cerdos permanecen en el tanque de escaldado un promedio de 2'26" a una temperatura promedio de 60°C, con un rango de 59 a 62°C.

La temperatura de escaldado tiene una correlación negativa con el pH a los 45 min ($r = -0.5$) y positiva con el color ($r = 0.48$). El grado de asociación entre las variables (r^2) respecto a pH es del 25 % y respecto a Color es del 23 %. En tanto que el tiempo de escaldado presentó una correlación positiva con el pH ($r = 0.29$) y la temperatura de la carne ($r = 0.26$) y, negativa con el color ($r = -0.31$) ($p < 0.01$). Aunado al uso excesivo de los arreadores, al aumentar la temperatura del agua empleada en el escaldado, se agotan las reservas de glucógeno remanentes y la carne tenderá a un pH más ácido y mayor luminosidad (L^*), pero es probable que conforme aumenta el tiempo de escaldado y se eleva la temperatura de la carne, un mayor número de compuestos se precipitan, haciendo con esto que al final del proceso de obtención el pH se alcalinice ligeramente, en tanto que el color comienza a oscurecerse por efecto del sobreescaldado.

De esta manera es explicable que el 36 % de los valores de pH a los 45 min hayan sido ≥ 6.3 (Asociados a DFD), con el 47 % de muestras con valores de color entre 51* y 59*, es decir menos luminosos que el PSE. En animales que duran menos tiempo en el escaldado a menor temperatura, se aprecia que el 50 % tiene valores normales de pH entre 5.9-6.2, con aceptables luminosidades entre 42* y 50* (30 %). Adicionalmente, las reservas de glucógeno *antemortem* probablemente no eran en estos cerdos, tan elevadas como en condiciones normales.

A altas temperaturas de escaldado, con tiempos intermedios o bajos de permanencia en la etapa, 14 % de las muestras presentó a los 45 min valores de pH ≤ 5.8 , 23 % con colores luminosos (60-61*) y 12 % con CRA ≤ 0.4 , asociados al síndrome PSE (Chambers y Grandin, 2001).

La temperatura muscular después del escaldado a 60 °C, puede incrementarse en el jamón de 30.8 a 40.6 °C, la temperatura de escaldado tiene una influencia menor en la temperatura del músculo y la calidad de la carne no es afectada por este parámetro en climas fríos (van der WalG, et al., 1993). En este estudio la temperatura muscular promedio fue de 41 °C. El 97 % de las muestras presentó a los 45 min temperaturas elevadas, hecho que concuerda con lo expresado por Bußmann (1994) y England, et al., (1999), en el sentido de que el estrés pre-sacrificio aumenta la temperatura del animal, induciendo una temperatura elevada en los músculos largo dorsal y semimembranoso desde los 45 min a las 6 h postmortem, más ellos refieren que no existe correlación directa con la calidad de la carne. En tanto que en el presente estudio, temperatura y pH₄₅, presentaron una correlación de - 0.26 (p<0.01), con una asociación entre variables del 6.69 %, es decir, a mayor temperatura muscular, valores de pH más ácidos, lo cual coincide con los hallazgos de Doumit y Bates (1999), en el músculo largo dorsal al mismo tiempo postmortem, con una correlación igualmente negativa (p<0.05).

7.1.5. Parámetros Físicoquímicos a los 45 minutos

Galindo (2000), señala que a los 45 min el pH de la carne se ve afectado de manera significativa en cerdos portadores, llegando incluso a 6.02 en relación al 6.32 de animales homocigotos. Empleando la escala subjetiva de valoración del color, encontró una $r = 0.4$ en relación al pH. En el presente estudio la correlación fue de -0.89 (p<0.01) al evaluar el parámetro L*, la utilización de escalas subjetivas para la medición de color tal vez arroje información más certera en cuanto a las preferencias del consumidor, pero el empleo de cromómetro permite obtener resultados más precisos no influenciados por el criterio del observador.

La correlación entre pH, color y temperatura muscular a los 45 min, coincide con lo reportado en la literatura, cuando el pH es ácido, la coloración de la carne es luminosa y la temperatura es elevada (Mitchell and Heffron, 1982; Bañón et al., 1998; Cornforth, 1999), con una asociación entre las variables del 80 % entre pH-color.

7.1.6. Parámetros Físicoquímicos a las 24 horas

Al correlacionar los parámetros físicoquímicos a las 24 h, se observaron semejanzas con lo ya reportado en la literatura, al aumentar el pH, aumenta la CRA y disminuye la luminosidad, sin embargo, conforme transcurre el tiempo de refrigeración, van perdiendo relación dichos parámetros (Miller, 1996; Miller, 1997; Cornforth, 1999).

El pH final (pH₂₄) debe fluctuar alrededor de 5.5, el 77 % de las muestras presentaron valores entre 5.5 y 6.0, Miller (1997), señala que influenciado por la refrigeración el pH₂₄ puede considerarse como aceptable incluso hasta 6.2, en cuyo caso, el 89 % de las muestras presentaron valores entre ese rango. De acuerdo a Doumit y Bates (1999), para el músculo semimebranosos los valores encontrados a las 24 h, fluctuaron entre 42* y 61*, rango idéntico al encontrado en el presente estudio.

2 % presentaron pH₂₄ entre 5.3-5.4, 1 % CRA \leq 0.35 y 7 % color 60*-61*, asociados al síndrome PSE. Las muestras asociadas al síndrome DFD fueron: 9% pH₂₄ \geq 6.3, 17 % CRA \geq 0.72 y 10 % con colores ligeramente oscuros. Todos los valores probablemente fueron afectados de manera positiva por la refrigeración de la carne. Cuando el enfriamiento de las canales es inadecuado, provoca cambios de color y suavidad, pérdida de líquidos, crecimiento bacteriano y acortamiento de músculos (Miller, 1997).

Al efectuar el análisis de correlación entre los parámetros en carne a los 45 min y a las 24 h, solo el pH presentó correlación estadísticamente significativa por lo que se puede considerar como el único parámetro fisicoquímico predictivo de la calidad de la carne, ya que se sigue conservando asociación 45'-24 h, a pesar de la refrigeración de la carne.

7.1.7 Frecuencia de rendimientos subóptimos

El 95 % de los cerdos reactivos positivos al halotano (NN) producen carne de baja calidad en términos de color, CRA y pH, los portadores (Nn) tienden a ser intermedios en cuanto a los atributos de calidad, 30-50 % produce carne PSE (Cornforth, 1999; England, et al., 1999; Chambers y Grandin, 2001; Nold, 2001). La frecuencia de cerdos portadores del gen del halotano en Jalisco, es de 38.6 %, según lo reporta Sánchez (2000), con lo cual se puede estimar que entre el 11.6 y el 19.3 % serían canales PSE, lo anterior es compatible con el 14 % de carnes PSE detectadas en este estudio. En E.U.A., las carnes PSE se presentan en el 16% de las canales (Kauffman et al., 1992).

La carne firme y normal es aceptada por la industria de la carne y los consumidores. La mayoría de estos últimos, prefiere que tenga un color rosa-rojizo (49*) aunque hay quienes aceptan coloraciones rojo-rosa oscuro (43*), La carne con color pálido, más fácilmente se tornará en gris o verde durante el período de venta, haciéndose menos apetitosa para el comprador (ITESO, 1996; Brewer and McKeith, 1999; Nold, 2001). El 36 % de las carnes estudiadas (con

pH menos ácido) presentaron color y CRA que son aceptados por el consumidor, aunque el 9 % de estas fueron un poco más secas, lo cual coincide con lo publicado por Bañón et al. (1998) y Cornforth (1999), si el pH muscular esta por arriba de 6.0 a las 2 h postmortem, el color puede ser normal.

Kauffman et al. (1992), señalan que en E.U.A., el 16 % de las canales es considerado con características ideales de color, firmeza y capacidad de retención de agua, el 10 % son carnes DFD y el 58 % de carnes presentan color normal pero son blandas y exudativas (Kauffman *et al.*, 1992). En el estudio, hubo el 50 % de carnes que simultáneamente presentaron colores más claros, CRA variables y pH normal.

Al realizar la regresión múltiple con los parámetros fisicoquímicos como variables dependientes, se observó que pH y Color tuvieron una correlación $r = 0.73$ ($p < 0.01$), con el 53 % de la varianza de estos parámetros atribuibles a la interacción con Temperatura/H.R. en corrales, Tiempo de insensibilización y Temperatura/Tiempo de escaldado, el modelo sugiere remover del mismo a la H.R., con relación al color, al ser el parámetro que menos interfiere con las interacciones. De igual manera se podrían remover las mediciones de Temperatura de la carne y CRA. La primera solo tiene correlación significativa ($r = 0.26$) con tiempo de escaldado y la segunda solo presenta significancia en la correlación ($r = 0.185$) con H.R. en corrales.

Hay diferentes factores endógenos (inherentes al animal) y exógenos (medio ambiente, manejo) que tienen influencia en la calidad de la carne, por lo que es imposible realizar la medición de todos ellos para determinar con certeza su repercusión en la carne como producto final. En las condiciones estudiadas se detectó un posible efecto de la alternancia de condiciones (factores exógenos) con efectos compensatorios sobre los cambios *ante y postmortem* (fisiológicos y bioquímicos) del músculo semimembranoso (cuadro 22), que si bien, tiene una considerable proporción de fibras con alta capacidad glucolítica, su repuesta es diferente en relación al largo dorsal (Sackmann, 1989), lo cual explica en términos generales la frecuencia encontrada de rendimientos subóptimos. Algunos de ellos interactúan simultáneamente, por lo que las posibles combinaciones y variaciones, seguramente arrojan resultados distintos. Se requieren de estudios más exhaustivos para sustentar esta hipótesis.

Cuadro 22.- Efecto de algunos factores exógenos sobre pH y color de la carne a los 45 min.

Tendencia del Parámetro	Tendencia del pH	Tendencia del Color
Si la Temperatura en corrales aumenta	Acidificación	Más luminosos
Si la H.R. en corrales aumenta	Alcalinización	Menos luminoso y pierde menos agua
Si el arreo con electricidad es excesivo	Acidificación	Más luminoso
Si aumenta el tiempo de insensibilización	Alcalinización	Menos luminoso
Si aumenta la temperatura de escaldado	Acidificación	Más luminoso
Si aumenta el tiempo de escaldado	Alcalinización	Menos luminoso

7.2. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

7.2.1. Determinación de *Salmonella*

La fisiología y el comportamiento de los cerdos son afectados por factores medioambientales, ya sea en la granja, en el transporte o en el rastro. La presencia de *Salmonella* en la canal de cerdo, se incrementa por el estrés del transporte, por el dietado y por el aumento del tiempo de descanso en corrales, asociado al manejo inadecuado en rastro que estresa al animal, provocando la disminución de la capacidad biológica de la barrera gastrointestinal y simultáneamente tiene efectos sobre los parámetros fisicoquímicos y organolépticos de la carne. (Morgan, et. al., 1987; Isaacson et al., 1999).

Históricamente la inspección postmortem de tejidos se ha considerado esencial para la protección de la salud humana. La inspección tradicional de la carne se ha basado en la premisa de que podría controlarse la transmisión de enfermedades al hombre mediante la detección de manifestaciones visibles y palpables de enfermedades y defectos en canales y vísceras. Actualmente se ha llegado a una situación en la que los mayores problemas para la salud humana son causados por microorganismos que no alteran los tejidos comestibles y por lo tanto no son detectados mediante observación, palpación o incisión.

Es importante realizar análisis bacteriológicos en tejidos comestibles cuando no se conoce el historial de salud de los animales llevados al rastro, como sucede por lo general en el RMG, ya que ciertos estados de portador y excretores asintomáticos no son detectados mediante el examen rutinario *ante y postmortem*. La evaluación del riesgo se realizó solo de manera cualitativa ya que las herramientas disponibles para efectuar estudios cuantitativos (de análisis de riesgos) no se han desarrollado suficientemente, sobre todo en relación a patógenos transmitidos por alimentos.

El cerdo adulto es prácticamente insensible al frío, pero sufre de estrés calórico, en el RMG, al no proveérseles de confort térmico (aspersores o charcas) los animales buscan la forma de disipar el calor humedeciendo su piel mediante el uso de los bebederos, desperdiciando y contaminando el agua de bebida, o bien haciendo charcas con sus orines y heces, ensuciando las áreas secas de los corrales. La ventilación es importante en la disminución de la temperatura, dilución de patógenos, eliminación de humedad y remoción de gases. El evitar la contaminación es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño de los corrales (CCAC, 1998a; Codex, 2002), manteniendo al menos un corral libre y limpio para los animales que arriben al rastro. Lo anterior tiene repercusión en el bienestar animal y como ya se mencionó en los parámetros de calidad de la carne, pero también en la permanencia y diseminación de *Salmonella* en las instalaciones del rastro.

Debido al flujo constante de animales resulta más difícil operativamente realizar la limpieza de los corrales ya que permanentemente están ocupados, por lo que la contaminación cruzada del suelo y paredes a la piel del animal es una constante, sobretodo por los encharcamientos, lo cual se comprueba debido a que el porcentaje de aislamientos en ambas muestras *antemortem* es muy semejante 33 % en piel y 29 % en heces (sin diferencias significativas en X^2 , $p>0.05$).

Los animales que están sucios por materia fecal y polvo, tienen un alto potencial de contaminar los tejidos comestibles con patógenos como *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp. and *E. coli* O157:H7 (Codex, 2002), aunado al hecho de que como ya se mencionó el baño *antemortem* en el RMG, no cumple satisfactoriamente con la función de limpieza.

El periodo de espera en los corrales del rastro por más de 2 horas, conlleva un riesgo sustancial de que los cerdos se infecten con el patógeno, especialmente de cerdos originarios de hatos libres (Swanenburg, 2001d), lo cual probablemente influyó en este estudio, ya que los animales estuvieron en corrales entre 2 y 5 horas.

El RMG, cuenta con escaldado, depilado, chamuscado, pulido y lavado de la canal, con lo que cumple la especificación de la SAGAR (1999), las muestras de piel *postmortem* presentaron una frecuencia de 52 %, significativamente diferente a la presencia del patógeno en heces ($p<0.05$), lo cual señala las deficiencias en la sala de sacrificio, como la falta de limpieza en la

depiladora, Gill y Bryant (1993), señalan que el equipo representa una fuente de contaminación permanente ya que *Salmonella* fue recuperada del 50 % de las muestras de detritus en maquinas de depilado de cerdos, con cifras entre 3×10^3 y 4×10^5 UFC/g en una planta y de 1×10^2 UFC/g en otro establecimiento. Otros factores de riesgo son la inadecuada limpieza de las maquinas de lavado y los incorrectos procedimientos de eviscerado, se estima que 5-15 % de todas las canales se contamina con esta bacteria durante el pulido (Berends, 1997).

Parte de la contaminación por *Salmonella*, ocurre en los corrales del rastro, pero puede ser mayor la que ocurre en la línea de sacrificio (Boes, 2001). Si el dietado es menor a 12 h se puede presentar más fácilmente la rotura de intestinos en la evisceración (Warriss y Brown, 1994). Los animales portadores son entre 3 y 4 veces más susceptibles de que sus canales sean positivas que los animales libres del patógeno. Se estima que en general entre el 5-30 % de las canales obtenidas pueden llegar a contener *Salmonella* spp (Berends, 1997), cifra superada por los resultados obtenidos, al presentarse como positivas el 52 % de las muestras de piel *postmortem*, porcentaje que contrasta con el 33 % presente en piel *antemortem*, lo que significa un incremento del 19 % de piel contaminada por *Salmonella*. De acuerdo a la USDA/FSIS (2002), el límite de positivos debe ser máximo el 8.7 %. Por lo que la especificación de "Cero tolerancia" para contaminación fecal visible en canales (Codex, 2002), debería ser aplicada en el proceso de matanza ya que X^2 entre heces y piel *postmortem* presentó diferencias significativas ($p < 0.05$).

Reyes y Sánchez (1992), encontraron para el mismo establecimiento (el RMG) los siguientes porcentajes de aislamientos: Piel *antemortem*, 16.3; Heces, 7.6; NLM, 63.8; Músculo, 38.4. Al efectuar el análisis estadístico entre el estudio anterior y el actual no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), sin embargo, para las condiciones actuales se concluye lo siguiente: El manejo en la sala de matanza es menos contaminante que antes (aunque anomalías en la evisceración, permiten incrementar la contaminación de la piel en un 19 %, anteriormente era en un 22 %), el porcentaje de portadores disminuyó, pero el de excretores aumentó (en consecuencia también aumentó la contaminación de piel en corrales y de piel *postmortem*).

En Nódulos Linfáticos Mesentéricos, los hallazgos indican que el 46 % de los cerdos son portadores de la bacteria, 17 % más de los que la presentan en heces. Lo anterior puede indicar que desde la granja los cerdos son portadores de la bacteria, que están siendo más sensibles a la infección por el patógeno, o bien, que estando en el rastro, el estrés, otras enfermedades y las

pobres condiciones higiénicas sean el factor que dispara la enfermedad clínica o el paulatino aumento en la eliminación por medio de las heces.

Castañeda, et al. (1992), señalan las siguientes frecuencias de aislamiento del patógeno en el rastro de Atemajac, dentro de la ZMG: piel *antemortem* 72.7 %; recto 54.5 %; NLM 63.6 %; músculo 45.4 %. Campos y Soto (1995), reportan frecuencias de aislamiento del patógeno de 54 % para NLM y 51 % para músculo, a partir de muestras del interior de los tejidos, lo cual pone en evidencia los altos porcentajes de frecuencia con que el patógeno es encontrado en los rastros de la ZMG, por lo que la SAGARPA, los productores y las Instituciones Educativas, deben trabajar en conjunto para implementar programas que conduzcan a documentar el estado de salud de los animales que serán sacrificados, así como mantener y mejorar el estatus de los programas de control de zoonosis.

En Alemania, *Salmonella* ha sido aislada del 3.7 % de muestras fecales de cerdos, 3.3 % de nódulos linfáticos y 4.7 % de la superficie de canales, con una prevalencia estimada del 6.2 % en los cerdos llevados al sacrificio y en las canales del 10.3 %. No se detectaron diferencias estadísticas significativas de la duración del transporte de los cerdos al rastro o del período de espera en el rastro antes del sacrificio (Kasbohrer, et al., 2000), porcentajes altamente contrastantes con los hallazgos del presente estudio.

A partir de las muestras de piel *postmortem* se encontraron los siguientes serotipos: S. Typhimurium, S. Enteritidis, S. Derby, S. Anatum, S. Senftenberg y S. London, los cuales coinciden con los reportados por Alaniz, et al. (1993), quienes a partir de muestras de heces de cerdos en explotaciones pecuarias en el Estado de Jalisco, encontraron una frecuencia de *Salmonella* de 54.5 %, con S. Typhimurium, S. Enteritidis, S. Derby, S. Anatum y S. Senftenberg como los serotipos más frecuentes. Las especies encontradas coinciden de acuerdo al tipo de muestra con otros autores (Yoshida, 1995; Das, 1990).

Se requiere realizar estudios complementarios sobre especies encontradas en las granjas de origen de los cerdos para contrastar con los hallazgos del presente estudio, la contaminación de la canal puede deberse a los cerdos infectados pero parcialmente puede deberse a la flora residente en el rastro, en el que se podría considerar que este patógeno es endémico.

Controlando la presencia de *Salmonella* en los animales, se disminuye significativamente el riesgo de exposición en los humanos, así como con la reducción de la contaminación cruzada a través de la implementación de buenas prácticas en la matanza y el rediseño de plantas, mantener la cadena de frío y la cocción adecuada de la carne. (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001).

7.2.2. Evaluación de la Carga bacteriana en aire

La obtención de alimentos no debe llevarse a cabo en áreas donde la presencia de peligros en el medio ambiente pueda llegar a un nivel inaceptable de los mismos para la carne fresca, de tal manera que la convierta en insegura para el consumo humano (Codex, 2002). Las diversas fuentes de contaminación en la nave de sacrificio se encuentran muy interrelacionadas, y es difícil determinar en qué proporción cada una de ellas contribuye al aumento de la carga bacteriana en los tejidos comestibles.

Los factores asociados con la calidad del aire aún no son totalmente entendidos, (McNall, 1975; Alter et al, 1994). No existe un parámetro de referencia en relación al límite aceptable de carga bacteriana en aire de una nave de sacrificio, sin embargo, cuentas de $3.03 \log_{10}$ UFC/m³ de aire son consideradas suficientes como contaminantes importantes de la canal en rastro (Rahkio y Korkeala, 1997), en relación a este valor, los resultados reflejan un nivel de contaminación que puede ser considerado como elevado, ya que el promedio de las cargas bacterianas osciló entre 3.56 y $4.18 \log_{10}$ UFC/m³ de aire (con un valor mínimo de 2.78 y un máximo de 4.97).

Las cargas bacterianas elevadas en el aire de la sala de proceso, no indican por si solas que el producto alimenticio sea potencialmente peligroso para quien lo consuma. Sin embargo, cuando se pretende conocer el patrón higiénico-sanitario de un rastro, este tipo de recuentos es indispensable (ICMSF, 1980).

Debido al diseño y orientación del rastro es posible que las bacterias que entran a la nave de sacrificio procedan en parte, de los corrales, ayudados claramente por la dirección y velocidad de los vientos. En los lugares de confinamiento de cerdos se han encontrado rangos de contaminación bacteriana desde 8.46×10^4 hasta 9.3×10^5 UFC/m³, con la presencia de bacterias potencialmente patógenas en el 100% de las muestras (Bilic, et al., 2000; Duchaine et al., 2000). *Salmonella*, es una bacteria difícil de eliminar en el medio ambiente y es muy fácil que se

aerosolize asociada a materia orgánica (Rodríguez y Peregrina, 1999; OPS, 2001), por lo que probablemente en las cargas bacterianas totales se haya encontrado este patógeno en las muestras analizadas, contribuyendo así a la alta frecuencia del patógeno en la canal. En el estudio conducido por Swanenburg, et al., (2001a), 43 % de los aislamientos de cerdos y 33 % de los aislamientos del medioambiente fueron *S. Typhimurium*. Este serotipo se han asociado a la carne de bovino y porcino, proveniente de establecimientos que tienen como común denominador poca higiene en el proceso de obtención (Fernández, 2000; Quirke, et al., 2001).

También el cuadrante 3 presento en promedio en los tres días con matanza, la más alta carga de OCT y de OCF (2.3 y 2.24 \log_{10} UFC/m³, respectivamente), ya que posee una entrada – salida por la que hay transito descontrolado de personas y se detectaron tres corrientes de aire.

El rango de humedad relativa registrada fue en promedio de 41.9 a 63 % sin matanza, que asociada al promedio de la temperatura (22.1 a 27.3 °C), claramente contribuye al crecimiento microbiano, es conocido que la presencia de agua en un edificio está asociada con efectos adversos a la salud (Sebastian y Larsson, 2003).

La transmisión de las bacterias ocurre por aerosoles o por grandes gotas y partículas orgánicas que son llevadas por el aire (Guyon, et al., 2000; Allen et al., 2003), por tal razón la presencia de coliformes es más notable durante la matanza, ya que esta dispersión está influenciada en gran medida por la acción mecánica de la maquinaria (Allen et al., 2003), en el rastro en estudio, desolladora, escaldadora, chamuscadora y pulidora trabajan simultáneamente.

El lavado de las canales después de un paso potencialmente contaminante, reduce la adherencia de las bacterias a la piel y de esta manera se reduce la contaminación, sin embargo, por los métodos usualmente aplicables de lavado, esta etapa tiene una importancia significativa para la contaminación de la nave de sacrificio, a menos que el área este separada por barreras físicas o que exista ventilación positiva.

En corrales, del total de bacterias aerobias se han identificado hasta el 5.2 % como gram negativas siendo las mas predominantes *Escherichia coli* y *Enterobacter* (Zucker et al., 2000), en el presente estudio, ambas bacterias también son las más frecuentes en la nave de sacrificio. El 73 % de las cepas de OCF analizadas, fueron obtenidas con matanza y el 26.74 % sin matanza, lo

cual hace evidente el mayor grado de exposición al que son sujetas las canales a estos contaminantes.

Escherichia coli, patógeno transmitido por la carne, es uno de los más importantes en la actualidad, sobre todo el tipo O157:H7, que se encuentra clasificado en el Biotipo I, potencialmente esta bacteria podría estar presente en el aire de la nave de sacrificio ya que se identificó a *E. coli* los tres días. La muerte de este patógeno es más rápida a 15 – 30° C y a humedades relativas mayores del 50% la vida media llega a 83 min. (Wathes et al., 1986). El ambiente dentro de la nave de sacrificio es el óptimo para los microorganismos teniendo como referencia que el cuadrante 7 fue el más contaminado sin matanza, ya que se encuentra a un costado del vaciado de estómagos y hay abundante agua, sin labores parece ser que los aerosoles se concentran en esta zona.

La *E. Coli* O157:H7 puede llegar a sobrevivir semanas o hasta meses en los corrales, lo cual permite que este patógeno contamine a todos los animales por medio del agua y alimento. En el presente estudio se han detectado a partir de los coliformes fecales una cantidad importante de cepas (63 %) pertenecientes a *E. coli*. Para aquellas bacterias coliformes cuyo género no ha sido determinado, se requieren más pruebas bioquímicas para su identificación.

Conjuntamente las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa tienen correlación significativa con las cuentas bacterianas, en las regresiones simples, se puede observar que al aumentar la Temperatura en la sala de matanza, aumentan las cuentas de OCT y OCF, pero no tiene correlación significativa con H.R., ni con la carga bacteriana total (BMA), sin embargo, esta última, si está influenciada positivamente por la H.R., es decir, cuando aumenta la H.R., también aumenta el número de bacterias mesofilas aerobias aerzolizadas, lo cual sugiere que en la nave, habría que bajar Temperatura para disminuir la cuenta de coliformes y bajar H.R. para disminuir la cuenta de BMA.

La concentración en la que se encuentren los contaminantes puede llegar a ser una amenaza para la salud cuando se desconoce y puede variar ampliamente para cada individuo. De acuerdo a un sondeo realizado entre 10 trabajadores del rastro municipal, el 100 % manifestó su creencia de que el aire (principalmente asociada al mal olor) es el causante de enfermedades que han padecido ellos mismos o alguno de sus compañeros, citándose entre ellas: fiebre tifoidea, malestares estomacales, resfriados, anginas e irritación de ojos.

8. CONCLUSIONES

1.- El procedimiento de inspección se limita a aspectos de salud y no de bienestar animal. Las condiciones de manejo en algunos puntos son deficientes, por lo que el animal no siempre recibe trato humanitario, pero en otras son aceptables. Esa mezcla de condiciones aunado a la posible presencia de enfermedades, probablemente desencadena efectos diferentes en la calidad de la carne de cerdo, por lo que se requiere de estudios específicos controlados para evaluar estas cuestiones.

2.- Los valores fisicoquímicos a los 45 minutos *postmortem* muestran la presencia de un 14 % de carnes PSE, un 50 % con pH normal, pero coloraciones gris-rosa y CRA variables y un 36 % con pH ligeramente alcalinizado, coloraciones rojo-rosa y CRA normal, los cuales aparentemente fueron influenciados por un efecto compensatorio de las diferentes etapas, que contribuyó a que Color y pH no resultaran tan afectados a pesar del estrés *antemortem* al que son sometidos los cerdos.

3.- Se sugieren como puntos de control de proceso ($r = 0.73$) para la calidad de la carne de cerdo, de acuerdo a su importancia, los siguientes: Temperatura/Tiempo de Escaldado; Temperatura/H.R. en Corrales; Arreo con electricidad; y Tiempo de Insensibilización,

4.- El muestreo en piel *postmortem* es recomendable en relación a otras muestras ya que refleja significativamente el efecto aditivo de la contaminación por *Salmonella* en rastro. De acuerdo a la frecuencia de aislamientos 45.8 % en Nódulos Linfáticos y 52 % en canales, ha aumentado el porcentaje de cerdos portadores y de canales que salen contaminadas, por lo tanto la posibilidad de contaminación cruzada y de enfermar al consumidor es considerable.

5.- Durante la matanza, el nivel de aerosoles y por lo tanto de bacterias, se elevan en la nave de sacrificio, asociado al funcionamiento de la maquinaria. Las BMA aumentan a H.R. elevadas ($r = 0.31$) y los OCT y OCF se incrementan con el aumento de la Temperatura ambiental ($r = 0.42$), que son controlables con Buenas Prácticas de manufactura.

6.- *E. coli* y *Enterobacter* son los géneros que en mayor número de cuadrantes aparecen. Su presencia en el aire hace que potencialmente puedan impactarse en la carne y ser un peligro para la salud del consumidor.

9. REFERENCIAS

- Alaniz, O.R., 1994. *Salmonella* en alimentos pecuarios y su repercusión en salud pública. Tesis de Maestría. Microbiología e higiene de los alimentos, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- Allen, V.M., Hinton, M.H., Tinker, D.B., Gibson, C. Mead, G.C. and Wathes, C.M. 2003. Microbial cross-contamination by airborne dispersion and contagion during defeathering of poultry. *Br Poult Sci.* 44(4):567-576.
- Alter, A., Bracker, A. and Iodgson, M., 1994. Epidemiology of the sick building syndrome. *J. Allergy Clin. Immunol.* 94: 327-334.
- Anil, M.H. and McKinstry, J.L., 1998. Variations in electrical stunning tong placements and relative consequences in slaughter pigs. *Vet J.* 155(1): 85-90.
- Asociación Nacional de Empacadoras Tipo Inspección Federal, 2003. Importación de carne. Consultado el 12-01-2005:
<http://www.anetif.com.mx/datos/ComercioExterior/CarnePagina/Impcarne/ImpCar0203.xls>
- Asociación Nacional de Empacadoras Tipo Inspección Federal, 2006. Producción y Comercio Exterior. Consultado el 24- 05-2006: <http://www.anetif.com.mx/principal.html>.
- Bañón, S., M.D., Gil, M.V., Granados and Garrido, M.D., 1998. The effect of using PSE meat in the manufacture of dry-cured ham. *European Food Research and Technology.* 206 (2): 88-93.
- Barham, A.R, Barham, B.L., Johnson, A.K., Allen, D.M., Blaton, J.R. and Miller, M.F., 2002. Effects of the Transportation of Beef Cattle from the Feedyard to the Plant on Prevalence Levels of *Escherichia coli* 0157H:7 and *Salmonella* spp. *Journal of Protection* 65: 280-284.
- Bendall, J. R., & Swatland, H. J. (1988). A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*, 24, 85–126.
- Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M. and Mossel, D.A., 1997. Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *Int J Food Microbiol.* 36(2-3): 199-206.
- Bilic, V., Habrun, B., Barac, I. and Humski, A., 2000. Distribution of airborne bacteria in swine housing facilities and their immediate environment. *Arh Hig Rada Toksikol.* 51(2): 199-205.
- Blaha, T., 1997. Public health and pork: pre-harvest food safety and slaughter perspectives, *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 16(2): 489-495.
- Boes, J., Dahl, J., Nielsen, B. and Krog, H.H., 2001. Effect of separate transport, lairage, and slaughter on occurrence of *Salmonella typhimurium* on slaughter carcasses. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 114(9-10): 363-365.
- Borch, E., Nesbakken, T. and Christensen, H., 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *Int J Food Microbiol.* 30(1-2): 9-25.

Brambell, F.W.R., 1965. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems. Her Majesty's Stationery Office, London, England

Brewer, M.S. and McKeith, F.K., 1999. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. *J. Food. Sci.* 64(1): 171-174.

Brown, S.N., Knowles, T.G., Edwards, J.E. and Warris, P.D., 1999. Behavioural and physiological responses of pigs to being transported for up to 24 hours followed by six hours recovery in lairage. *Vet Rec.*145(15): 421-426.

Buege, D.R., Ingham, B.H., Henderson, D.W., Watters, S.H., Borchert, L.L., Crump, P.M. and Hentges, E.J., 1998. A nationwide audit of the composition of pork and chicken cuts at retail. *Journal of Food Composition and Analysis.* 11(3): 249-261.

Bußmann, H., 1994. The influence of different premortal rectal temperatures and slaughter-technologies on meat-quality-parameters during swine slaughter. Tesis Doctoral. Escuela Superior de Veterinaria de Hannover. Alemania.

Castañeda V.H., Soto, R.M., Campos B.C.A., Velásquez T.L. y Medina G.E., 1992. Origen de la contaminación de carne y vísceras de cerdo por *Salmonella* en los rastros de Guadalajara y Atemajac, Jal. Memorias del XXVII Congreso Nacional AMVEC. Acapulco, Gro., México. 8-12 Julio: 210-213.

Canadian Council on Animal Care, 1998a. Legislative jurisdiction over animals used in research, teaching and testing.

Canadian Council on Animal Care, 1998b. Manual sobre el cuidado y uso de los animales de experimentación. Vol 1. 2da ed.

Canadian Council on Animal Care, 2006. Education training and communication program. Module 09-Pain, distress and endpoints. p 9-14.

Centers for Disease Control and Prevention, 2003. Update: multistate outbreak of *E.coli* 0157:H7 infections from *Salmonella*. United States.

Chambers, P.G. and Grandin, T., 2001. Guidelines for human handling, transport and slaughter of livestock. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Human Society International. Publication 4.

Chang, C.W., Chung, H., Huang, C.F. and SU, H.J.J., 2001. Exposure of Workers to Airborne Microorganisms in Open – Air Swine Houses. *Applied and Environmental Microbiology.* 67(1): 155-161.

Codex Alimentarius Commission, 1994. Carne y productos cárnicos incluso los “bouillons” y consomes. Volumen 10. Código internacional recomendado de prácticas de higiene para la carne fresca. CAC/RPC 11-1976, Rev. 1 (1993). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. 2da. Edición, Roma.

Codex Alimentarius Commission, 1998. Normas alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. Suplemento al volumen 1B. "Requisitos Generales (Higiene de los alimentos)" Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. 2da Ed., Roma.

Codex Alimentarius Commission, 1999. Principios y directrices para la aplicación de la evaluación de riesgos microbiológicos. CAC/GL-30. Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. 1ra Ed., Roma.

Codex Alimentarius Commission, 2002 Committee on meat and poultry hygiene. Joint FAO/WHO food standards programme. Eighth session. Wellington, New Zealand, 18-22 february
CX/MPH 02/4. Proposed draft code of hygienic practice for fresh meat.

Comisión de las Comunidades Europeas, 2006a. COM(2006) 13 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo, relativa a un Plan de Acción Comunitario sobre Protección y Bienestar de los Animales 2006-2010. Bruselas, 23 enero.

Comisión de las Comunidades Europeas, 2006b. COM(2006) 14 final. Documento de Trabajo de la Comisión, relativo a un Plan de Acción Comunitario sobre Protección y Bienestar de los Animales 2006-2010. Base estratégica de las acciones propuestas. Bruselas, 23 enero.

Commission of the European Communities, 2006. SEC(2006) 65. Commission Staff Working Document. Impact Assessment of a Community Action Plan on the Protection and Welfare of Animals 2006-2010. Brussels, 23 january.

Confederación Mexicana de Porcicultores, 2003. Estadísticas de importaciones. Consultado el 16-06-2003: <http://www.cmp.org/estadisticas/impeua.htm>

Congreso del Estado de Jalisco, 1983. Ley de protección a los animales, Diario Oficial del Estado de Jalisco, 1 Enero.

Cornforth, D., 1999. Advances in meat research -Volume 9. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Chapter 2: Color -its basis and importance. Person, A.M. and Dutson J T.R. Eds. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland: 34-78.

Cortesi, M.L., 1994. Slaughterhouses and human treatment. Rev Sci Tech. 13(1): 171-193.

Das, M.S., Roy D.K. and Das S., 1990. Occurrence of salmonellae in slaughtered pigs, goat meat, meat handler and slaughtered-house workers. J Commun Dis. 22(1): 39-42.

Data Mining Institute., 2006. Coeficiente de Correlación de Pearson. Diccionario Estadístico, consultado el 01 de junio de 2006: <http://estadistico.com/dic.html?p=4584>.

Denaburski, J. y Sáinz, C.F., 2002. Causas más importantes y sistemas de prevención de casos de carne porcina defectuosa tipo PSE. Cerdos-Swine, Año 5, N° 53, Marzo: 20-22.

Doumit M.E., and Bates R.O., 1999. Regulation of pork water holding capacity, color, and tenderness by protein phosphorylation. National Pork Producers Council 99-072.

Donham, K.J., Pependorf. W., Palmgren. U. And Larsson. L., 1986. Charactyerization of dusts collected from swine confinement buildings. *Am. J. Ind. Med.* 10: 294-297.

Duchaine, C., Grimard, Cormier., 2000. Influence of building maintenance, environmental factors, and seasons on airborne contaminants of swine Confinement buildings. *Am Ind Hyg Assoc J.* 61(1): 56-63.

Eduard W. And Heederik D., 1998. Methods for quantitative assessment of airborne levels of noninfectious microorganisms in highly contaminated work environments. *Am Ind Hyg Assoc J.* 59(2): 113-127.

England, M.B., K.L. Enright, M.Ellis., F.K. McKeith and R.W., Johnson., 1999. The impact of halotane genotype, pre-slaughter handling, and season on body temperature and its relationship with subsequent meat quality. Research Investment Report, Natinal Pork Producers Council (N° 97-1875).

FAO/OMS, 2002. Foro mundial de autoridades de reglamentación sobre inocuidad de los alimentos. 28-30 de enero. Marrakech, Marruecos.

Fernández, E.E., 2000. Microbiología e Inocuidad de los Alimentos, Cap.“Carne”.Edit. Universidad Autónoma de Querétaro, México: p 517 – 542.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003. Livestock Sector México: p 23 - 45.

Food Safety and Inspection Service. 1996. 9 CFR Part 304, et al. Pathogen reduction; Hazard analysis and critical control point (HACCP) systems; Final rule. USDA. July 25.

Gaceta Parlamentaria, 2002. Punto de acuerdo sobre la propuesta para solicitar al Ejecutivo Federal a que tome las medidas pertinentes para establecer una salvaguarda de emergencia respecto de las importaciones de carne de cerdo. Senado de la República, Comisión de Agricultura y Ganadería. Martes 8 de Octubre N° 66.

Galindo, G.J., 2000. Calidad de la canal y de la carne de cerdos para abasto asociada al gen del halotano. Tesis de Maestría, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, Universidad de Guadalajara, México.

Gilbert, H., 2002. Estrés ambiental: su impacto sobre los cerdos y su productividad. *Cerdos-Swine*, Año 5, No 62: 30-31.

Gill, C.O. and Bryant, J., 1993. The presence of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Campylobacter* in pig carcass dehairing equipment. *Food Microbiology.* 10 (4): 337-344.

Gill, C.O., McGinnis, J.C. and Bryant, J., 1998. Microbial contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants. *Int J Food Microbiology.* 17(2): 223-239.

Grandin, T., 1996. Factors that impede animal movement at slaughter plant. *J Am Vet Med Assic.* 209(4): 757-759.

Grandin, T., 1998. Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *J Am Vet Med Assoc.* 212(1): 36-39.

Grandin, T., 1999. Best practices for animal handling and stunning. Ed. American Meat Institute, Washington, DC, United States of America.

Grandin, T., 2000a. Animal Handling Troubleshooting guide: tips for solving common animal handling problems. *Meat and Poultry*, March.

Grandin, T., 2000 b. McDonald's Audits of stunning and Handling in Federally Inspected Beef and Pork Plants. Department of animal sciences. Colorado State University.

Grandin, T., 2002. Survey of stunning and handling in federally inspected beef, veal, pork, and sheep slaughter plants. *Agricultural research service/USDA.*

Guyon, R., Dorey, F., Malas, J. and Leclercq, A., 2000. Hazard Analysis of *Escherichia coli* 0157:H7 Contaminación during Beef Slaughtering in Calvados, France. 64 (9): 1341- 1345.

Honikel, K.O. and R, Hamm. 1999. *Advances in meat research -Volume 9. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products.* Chapter 5: Measurement of water-holding capacity and juiciness. Person, A.M. and Dutson, T.R. Eds. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland: 125-161.

Hudson, W.R., Mead, G.C. and Hinton, M.H., 1996. Relevance of abattoir hygiene assessment to microbial contamination of British beef carcasses, *Vet Rec.* 139(24): 587-589.

Hyun, V., Ellis, M., Riskowski, G. and Jonson, R.W., 1997. Assessment of multiple concurrent stressor effects in swine. *Research Investment Report*, National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2006a. Boletín de información oportuna del sector alimentario. No. 244: p14.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2006b. II Censo de Población y Vivienda 2005.

Instruction Manual. 2002. Sas Super 100, Pbi international. Microbiological monitoring of the environment.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1980. *Ecología Microbiana de los Alimentos*, Vol. II Productos. Alimencios. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza: p 333-409.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1988. El sistema de análisis de riesgos y puntos críticos, su aplicación a las industrias de alimentos. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza: p 169-178.

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente y Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Jalisco, 1996. Estudio de mercados sobre el consumo de cárnicos en la zona metropolitana de Guadalajara.

Isaacson, R.E., Firkins, L.D., Weigel, R.M., Zuckermann, F.A. and DiPietro, J.A., 1999. Effects of transportation and feed withdrawal on shedding of *Salmonella typhimurium* among experimentally infected pigs. *Am. J. Vet. Res.* 60: 1155-1158.

Jay, M. J., 1994. *Microbiología moderna de los alimentos*. Ed. Acribia, España: p 20-495.

Jericho, K.W.F., Ho, J. and Kosub, G.C., 2000. Aerobiology of high-line speed cattle abattoir. 63 (11): 1523-1528.

Kasbohrer A., Protz D., Helmuth R., Nockler K., Blaha T., Conraths F.J. and Geue, L., 2000. *Salmonella* in slaughter pigs of German origin: an epidemiological study. *Eur J Epidemiol.* 16 (2): 141-146.

Kauffman, R.G., Cassens, R.G., Scherer, A. And Meeker, D.L., 1992. *Variations in Pork Quality*. National Pork Producers Council publication, Des Moines, IA. USA.

Kaffman, R. G., Sybesma, W., Smulders, F. J. M., Eikelboom, G., Engel, B., van Laack, R. L. J. M., Hoving-Bolink, A., Sterrenburg, H. P., Nordheim, E. V., Walstra, P., & van der Wal, P. G. 1993. The effectiveness of examining early post mortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Science.* (34): 283-300.

Kiraa, H., Arthand, J. F. and Fournand, J., 1985. Contamination and bacterial retention capacity of carcasses at the abattoir. *J. Appl. Bacteriol.* 59: 23-28.

Knight, A. R. and Knipe, C. L., 1996. Development of an objective method for identifying pale, soft and exudative (PSE) pork and predicting further processed pork quality. Research Investment Report, National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Kropf, D., 2002. Meat display lighting. Facts, National Pork Board and American Meat Science Association. N° 04623. Febrero.

Ledford, DK., 1994. Indoor allergens. *J Allergy Clin Immunol.* 94: 327-334.

Ley Alemana de Higiene de la Carne, 1995. Procedimiento Oficial sobre Análisis en la Higiene de la Carne, parágrafo 20.

Lien, R., 2003. Aspectos importantes en la medición de color en carne de cerdo. Carnetec. Noviembre/ Diciembre: 49-51.

McNall, Re Jr., 1975. Practical methods of reducing airborne contaminants in interior spaces. *Arch Environ Health.* 30 (11): 552-558.

Mendell, M.J. and Smith, A.I.I., 1990. Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned office buildings: a reanalysis of epidemiologic studies. *Am J Public Health.* 80: 1193-1199.

Mermaid, L.W., 2002. Viability of *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, and *Listeria monocitogenes* Surviving Mild Heat or Aqueous Ozono Treatamient on Beef Followed by Heat, Alkali, or Salt Stress. *Journal of Food Protection*. 66 (3): 382-389.

Miller, M.F., 1997. Effect of freezer chilling time on pork quality (NPC Project # 1564). Research Investment Report, National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Miller, M.F. and Ramsey, C.B., 1996. Improving pork quality by reducing the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork. Research Investment Report, Natinal Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Min-Jeong, R., Myung-Sub, CH., Jee-Hae, L. and Jiyong, P. 2001. Monitoring of microbial hazards at farms, slaughterhouses and procesing lines of swine in Korea. *Journal of Food Protection*, 64 (9): 1388-1391.

Mitchell, G. and Heffron, J.J.A., 1982. Porcine stress syndromes. *Advances of Food Research*. 28: 167-229.

Monn, C and Koren, H.S., 1999. Bioaerosol in ambient air particulates: a review and research needs. *Rev Environ Health*. 14 (2): 79-89.

Morgan, M.T., 1996. Development of sensors to detect early posmortem muscle quality and sort retail pork cuts based on quality. Research Investment Report, National Pork Producers Council, Des Moines, I.A.

Morgan, I.R., Krautil, F.L. and Craven, J.A., 1987. Effect of time in lairage on caecal and carcass salmonella contamination of slaughter pigs. *Epidemiol. Infect.* 98(3): 323-330.

Morgan, M.T. and Forrest, J.C., 1997. On-line evaluation of pork carcasses and retail cuts for color and waterholding capacity: Testing and evaluation of industrial prototypes (NPPC Project # 1544). Research Investment Report, National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Muñoz, L.A., 2002. Conceptos de bienestar en la especie porcina. *Síntesis Porcina*, julio-agosto: 6-12.

National Pork Producers Council, 1998. Pork quality targets. Facts pork quality # 04366-5/01. . Pork quality solutions team, National Pork Board and American Meat Science Association.

National Pork Producers Council, 2003. Research and extensión priorities for the nacional pork Industry.

Nelson, D.L. and Cox, M.M., 2000. *Lehninger Principios de bioquímica*. 3ra. ed. Edit. Omega, Barcelona, España: 115-769.

Nold, R. 2001. Meat quality. *Pork industry handbook*, Purdue extension PIH 14-04-2001.

Organización Panamericana de la Salud, 2001. El control de las enfermedades transmisibles, 17 ed. Publicación científica y técnica N° 581: 552-558.

Organización Panamericana de la Salud, 2002. Informe anual regional de los países participantes en la Red de Monitoreo/Vigilancia de la Resistencia a los Antibióticos. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 17-19 Abril.

Organización Panamericana de la Salud y Secretaría de Salud, 1993. Diagnóstico de la situación de la protección de los alimentos en México. OPS: 95-122.

Ortega, T., 2004. Radiografía de una bacteria, parte 2 *Salmonella* spp. Carnetec, Septiembre-Octubre. 40-43.

Pearson, A.M. 1999. Advances in meat research – Volume 9. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Chapter 1: Introduction to quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Person, A.M. and Dutson, T.R. Eds. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland: 1-33.

Pellet, P.L. and Young, V.R., 1990. Rol of meat as a source of protein and esencial aminoacids in human protein nutrition. Meat and Health. Adv. Meat Res. 6: 135.

Public Health Service of U.S.A, Partnership for Food Safety Education. Least Wanted Foodborne Pathogens. Consultado el 07 de Marzo de 2006:
<http://www.fightbac.org/content/view/14/21/>

Quirke, A.M., Leonard, N., Kelly, G., Egan, J., Lynch, P.B., Rowe, T., And Quinn, P.J., 2001. Prevalence of Salmonella serotypes on pig carcasses from high- and low-risk herds slaughtered in three abattoirs. Berl Munch Tierarztl Wochenschr. 114(9-10): 360-362.

Rahkio, T.M. and Korkeala, H.J., 1997. Airborne bacteria and carcass contamination in slaughterhouses. J Food Prot. 60(1): 38-42.

Refai, M.K. 1981. Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4 análisis microbiológico: 3-8.

Reyes, M.F.G. y Sánchez, M.L.M. 1992. Aislamiento e identificación de Salmonella en el proceso de matanza y eviscerado del cerdo en los rastros de Guadalajara y Atemajac del Valle, Jalisco. Tesis Profesional de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guadalajara, México.

Rheault, N. 1999. Monitoring of microbial contamination of stick wound in swing carcasses. Can Vet J. 40(4): 261-264.

Rocha, A.E. 2003. Controlando la calidad de la carne de porcino. Carnetec, Septiembre-Octubre: 48-51.

Rodríguez, G.M.O. y Peregrina, G.R., 1999. *Salmonella*. Cap. 3, en Agentes patógenos transmitidos por alimentos. Vol 1, Torres Vitela, M.R. ed. Edit. Universidad de Guadalajara: 65-97.

Ruiz, F.A. 2004. Impacto del TLCAN en la cadena de bovinos para carne: 13 – 56.

Sackmann, G., Stolle, F.A. and Reuter, G. 1989. The influence of waiting time before slaughter on meat quality in pigs with an evaluation of clinical criteria. *Fleischwirtsch.* 69(1): 66-70.

Sánchez, C.D.R. 2000. Comportamiento productivo de líneas genéticas de cerdos con especial referencia al gen de halotano. Tesis de Maestría, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Guadalajara, México.

Sebastian, A. and Larsson, L. 2003. Characterization of the Microbial Community in Indoor Environments: a Chemical-Analytical Approach. *Applied and Environmental Microbiology.* 69(6): 3103-3109.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por estos. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de octubre.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1996a. Modificación al punto 4.7. De la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso Sanitario de la Carne. *Diario Oficial de la Federación*, 12 de noviembre.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1996b. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de julio.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1998. Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. *Diario Oficial de la Federación*, 23 de marzo.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1999. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994, Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos, en aquellos puntos en los que resultaron procedentes. *Diario Oficial de la Federación*, 10 de Febrero.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1994a. Norma Oficial Mexicana NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoonosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de noviembre.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1994b. Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de noviembre.

Secretaría de Salud Jalisco, 2005. Boletín Semanal de Epidemiología semana No. 2, Enero.

Secretaría de Salud Jalisco, 2006. Boletín Semanal de Epidemiología semana No. 2, Enero.

SIAP/SAGARPA, 2003. Anuarios Estadísticos. Consultado el 24 de septiembre de 2004: www.siea.sagarpa.gob.mx/integra/indexAnuest2.html

Siragusa, G.R., Dorsa, W.J., Cutre, C.N., Bennett, G.L. and Keen, J.E., 1998. The incidence of *Escherichia coli* on beef carcasses and its association with aerobic mesophilic plate count categories during the slaughter process. *J Food Prot.* 61: 1269-1274.

Sofos, J.N., 1999. Chapter 14: Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. *Advances in meat research -Volume 9. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products.* Person, A.M. and Dutson J T.R. Eds. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland: 359-403.

Sofos, J.N., 2003. Riesgos microbiológicos en la carne y los productos cárnicos. Programas nacionales para reducir la contaminación. II Seminario Internacional Fundisa. Edit. FUNDISA (Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria).

Statgraphics plus 4.0, 1999. User's Guide: Statistical Graphics Corp.

Stegen, D., 1993. Handling of animals for slaughter according to animal welfare regulations. *DTW Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 100(2): 58-61.

Stevens, S.G., van L. Riette L.J.M. and Stalder, K.J., 1997. Influence and interaction of breed and processing on pork tenderness (NPPC Project # 1525). Research Investment Report, National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

Swanenburg, M., Urlings, H.A., Snijders, J.M., Keuzenkamp, D.A. and van Knapen F., 2001a. Salmonella in slaughter pigs: prevalence, serotypes and critical control points during slaughter in two slaughterhouses. *Int J Food microbiol.* 70(3): 243-254.

Swanenburg, M., van der Wolf P.J., Urlings, H.A., Snijders, J.M., van Knapen F., 2001b. Salmonella in slaughter pig: the effect of logistic slaughter procedures of pigs on the prevalence of Salmonella in pork. *Int J Food Microbiol.* 70(3): 231-242.

Swanenburg, M., Berends, B.R., Urlings, H.A., Snijders, J.M., van Knapen F., 2001c. Epidemiological investigations into the sources of Salmonella contamination of pork. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 114(9-10): 356-359.

Swanenburg, M., Urlings, H.A., Keuzenkamp, D.A. and Snijder, s J.M., 2001d. Salmonella in the lairage of pig slaughterhouses. *J Food Prot.* 64(1): 12-16.

Triola, M.F., 2000. Estadística elemental. Edit. Pearson Educación, 7 ed.: p 724.

Troeger, K. and Woltersdorf, W. 1989a. Measuring stress in pigs during slaughter. *Fleischwirtsch.* 69(3): 373-376.

Troeger, K. and Woltersdorf, W. 1989b. The electric stunning of pigs for slaughter. *DTW Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 96(3): 100-103.

United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, 1991. 9 CFR Part 3, Federal Register. Vol. 55, No. 32. p 6426-6505.

United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, 2002. Meat and poultry inspection regulations. 9 CFR Chapter III, Food safety and inspection service, department of agriculture.

United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, 2004. Laboratory guidebook. Isolation and identification of Salmonella from meat, poultry, and egg products. MLG 4.03. Office of public health science.

Universidad de Medicina Veterinaria de Viena, 1998. Manual de Higiene y Tecnología de la Carne y Ciencias de los Alimentos. Ed. Universidad de Medicina Veterinaria de Viena, Austria.

van der WalG, P.G., van Beek, C.H. and VeerkampG, W. 1993. The effect of scalding on subcutaneous and ham temperatures and ultimate pork quality. Meat Science. 34(3): 395-402.

Varnam, A.H. and Sutherland, J.P., 1998. Carne y productos cárnicos. Tecnología, química y microbiología. Edit. Acibia, S.A. Zaragoza, España: 45-115.

Velazco, J., 2001a. Prevención de PSE en carne de cerdo. Carnetec, Noviembre/Diciembre: 28-34.

Velazco, J., 2001b. Aspectos importantes en la medición del pH. Carnetec, Julio/Noviembre: 48-51.

von Mickwitz, G. and Heuking, L., 1990. The least requirements for the rotation of swine for slaughter from loading to transport to resting time until stunning from the viewpoint of animal protection and meat quality. DTW Dtsch Tierarztl Wochenschr. 97(1): 28-30.

von Wenzlawowicz, M, von Holleben, K., Briese, A. and Heuking, L., 1994. Animal welfare in the slaughterhouse, Berl munch tierarztl Wochenschr. 107(7): 237-244.

Warris, P.D. and Brown, S.N., 1994. A survey of mortality in slaughter pig during transport and lairage. Vet Rec. May 14;134(29): 513-515.

Wathes, C.M., Howard, K. and 1986. The survival of Escherichia coli in an aerosol at air temperature of 15 and 30 degrees C and a range of humidities. J Hyg. 97(3): 489-496.

Wayne, W.D., 1990. Bioestadística, Noeriga eds. Pp 305.

Wilson, S.C., 2002. Airbone Microbial Flora in a cattle Feedlot. Enviromental Microbiology. 68 (7): 3238-3241.

World Health Organization, 1995. Emerging and other communicable diseases, surveillance and control. Report a WHO consultation on public health implications of consumption of raw milk and meat and their products. Kiel, Germany, 17-20 December .

World Health Organization, 1999. Risk assessment of microbiological hazards in foods. Report of the joint FAO/WHO expert consultation. Geneva, Switzerland, 15 to 19 March.

World Health Organization, 2002a. Foodborne diseases, emerging. Fact sheet No. 124.

World Health Organization, 2002b. Food safety and foodborne illness. Fact sheet No. 237.

World Health Organization, 2006. General information related to foodborne disease. http://www.who.int/foodsafety/foodborne_disease/general/en/print.html Consultada el 11 Junio 2006.

World Society for the Protection of Animals and University of Bristol, 2004. Conceptos sobre el bienestar de los animales. Módulos 1 al 7, 21 y 22.

Yoshida, T., Takahashi, I. and Sawada, T., 1995. Incidence and serotypes of Salmonella in apparently healthy swine at slaughterhouses in Japan: 1975-1989. *Nippon Saikingaku Zasshi*. 50(2): 537-545.

Zucker, S. Trojan, and Muller, W., 2000. Airborne Gram-negative bacterial flora in animal houses. *Journal of Veterinary Medicine*. 47(1): 37-46.

10. ANEXOS

Anexo I

Estadísticas de consumo, exportación e importación de carne de cerdo en México

En 2000, la producción Nacional de carne en canal de cerdo fue de 1 029, 960 ton, en 2001 fue de 1 057, 840 ton. Jalisco aportó en el año 2000 el 18.8 % de la producción nacional, con una producción de 193,362 ton por el Sacrificio de 2 337 462 animales (SIAP/SAGARPA, 2003). En 2001 fue de 209, 443 ton. En 2002 fue de 214,889. En rastros municipales de Jalisco en 2000, se obtuvieron 52 266 ton, ocupando el 1er. lugar nacional, por el sacrificio de 823,248 animales. En TIF año 2000 se sacrificaron 206,941 cabezas (ANETIF, 2006).

El consumo Mexicano de carne (4.4 %) ha crecido más rápido que la producción (3.3 %) de acuerdo a la Tasa compuesta anual 1993-2000, por lo que se requiere importar el producto para satisfacer la demanda (SIAP/SAGARPA, 2003). Actualmente se estima en más del 40% la dependencia del suministro del exterior en carnes de cerdo Derivado de lo anterior resultan importaciones en grandes volúmenes, principalmente de E.U.A., estas aumentaron 657 % entre 1995 y 2001 (Gaceta Parlamentaria, 2002).

Producción Mexicana de carne por especie en 2005

Especie	Toneladas	% Producción Total
Ave	2 344 669	46
Bovino	1 559 142	31
Porcino	1 087 814	21
Ovino	45 436	1
Caprino	42 499	1

Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA

Actualmente se consumen en el país 22 millones de cerdos, de los cuales 8 millones se importan, principalmente de E.U.A. En la década de los 80 el consumo per capita era de 22 K, en los años siguientes cayo hasta 9 k y recientemente ha repuntado hasta llegar a 14 k. Para el año 2000 se sacrificaron alrededor de 14.5 millones de cabezas, las exportaciones superaron las 65 000 mil toneladas, con Japón como principal mercado. Las importaciones fueron aproximadamente de 500 000 toneladas debido a la demanda de supermercados y plantas procesadoras. México sigue siendo el segundo mayor comprador de carne de cerdo a los E.U.A. Una de las razones por las que se importa el 40 % del consumo es que los costos de producción en México están por arriba de los del extranjero (ANETIF, 2006).

IMPORTACIONES

En el 2001, México importó un total de 180,736 ton de carne de cerdo (89,308 refrigerada y 91,427 congelada), de las cuales provinieron de Estados Unidos 154,779 (74,336 refrigerada y 80443 congelada) (ANETIF, 2003). De 1995 a 2001 las importaciones, según datos de la SHCP, tuvieron un crecimiento del 623% y, de acuerdo a los datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, a casi 226,000 toneladas en 2001. En el mismo periodo las

importaciones de pierna de cerdo, 84% de las cuales provienen de los Estados Unidos de América, tuvieron un crecimiento de 1,245%, al mes de agosto de 2002, las importaciones de este producto con origen en los Estados Unidos de Norteamérica mostraban un incremento del 33% respecto al año anterior. México, se ha convertido en el segundo mayor comprador de carne de cerdo de los Estados Unidos de América (25 % de las ventas en el 2000), sin embargo no hay que asumir que toda la carne que E.U. exporta es producida en ese país (ANETIF, 2006).

Carne Fresca

	En canales o medias canales (volumen en Kg)		Jamones, paletas y sus trozos, sin deshuesar		Otros	
	2001	2000	2001	2000	2001	2000
	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen
Canada	2,921,474	2,139,701	10,450,776	8,145,107	1,598,121	1,128,073
E.U.A.	13,639,957	22,474,569	49,848,589	50,976,377	10,848,189	11,701,785
Francia			337		914	535
Dinamarca						56,446
Total	16,561,431	24,614,270	60,299,702	59,121,484	12,447,224	12,886,839

Carne Congelada

	En canales o medias canales (volumen en Kg)		Jamones, paletas y sus trozos, sin deshuesar		Otros	
	2001	2000	2001	2000	2001	2000
	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen	Volumen
Canada			712,628	1,081,010	4,155,833	7,089,344
E.U.A.	829,249	913,000	38,341,503	22,694,244	41,272,533	35,877,451
Noruega		38,513				
Dinamarca			2,452	37,115	19,218	293,531
Chile	22,762		3,063,966		2,950,004	104,196
Australia			16,320	19,194	814	12,913
Suecia				16,191	40,541	691,742
Brasil						239,850
Nueva Zelandia						890
Uruguay						5,523
Total	852,011	951,513	42,136,869	23,847,754	48,438,943	44,315,440

Anexo II

Evaluación del uso de arreadores eléctricos

Calificación	Corral de aguante y manga	Entrada al aparato de sujeción	% total de cerdos arreados con electricidad
Excelente	Ninguno	10 % o menos	10 % o menos
Aceptable	----	----	25 % o menos
Problema serio	----	----	80 % o más

Evaluación de los resbalones y caídas (Corral de aguante, manga de acceso, ingreso al restrainer)

Calificación	Resbalones y caídas
Excelente	No hay resbalones ni caídas
Aceptable	Resbalones en menos del 3 % de animales
No aceptable	1 % de caídas (cuerpo toca el piso)
Problema serio	5 % de caídas ó 15 % o más de resbalones

Evaluación de vocalizaciones en el restrainer

Calificación	Vocalizaciones
Excelente	Sin vocalizaciones
Aceptable	1 % vocaliza, ninguno debido a la mala aplicación de los electrodos
No aceptable	2 % o más vocaliza por cualquier razón
Problema serio	5 % o más vocaliza por alguna razón

Insensibilización eléctrica de cerdos

Amperaje mínimo = 1.25 amp

Voltaje mínimo = 250 v

Frecuencia = 50 ciclos (Hz)

Tiempo mínimo = 4 seg (Establecido según especificaciones del fabricante)

Criterios para otorgar puntaje en relación a la ubicación correcta de los electrodos

Electrodos a ambos lados de la cabeza, uno sobre y otro debajo de la cabeza, o bien, un electrodo bajo la mandíbula y el otro a un lado del cuello, detrás de las orejas.

Calificación	Ubicación correcta de los electrodos
Excelente	99.5 a 100 %
Aceptable	99.4 a 99 %
No aceptable	98 a 95 % o hasta 4 % de los cerdos emite vocalizaciones debido a descargas de los electrodos antes de estar ubicados firmemente
Problema serio	menos de 95 % o más de 4 % de vocalización en respuesta a descargas eléctricas sin insensibilizar

Intervalo entre insensibilización y desangrado

Es recomendable máximo 20 seg, los cerdos retornan a la sensibilidad después de este límite.

Insensibilidad en el riel de desangrado

Calificación	Animales sensibles
Excelente	1 en 2000
Aceptable	1 en 1000

Signos indicadores de un posible retorno a la sensibilidad:

Respiración rítmica

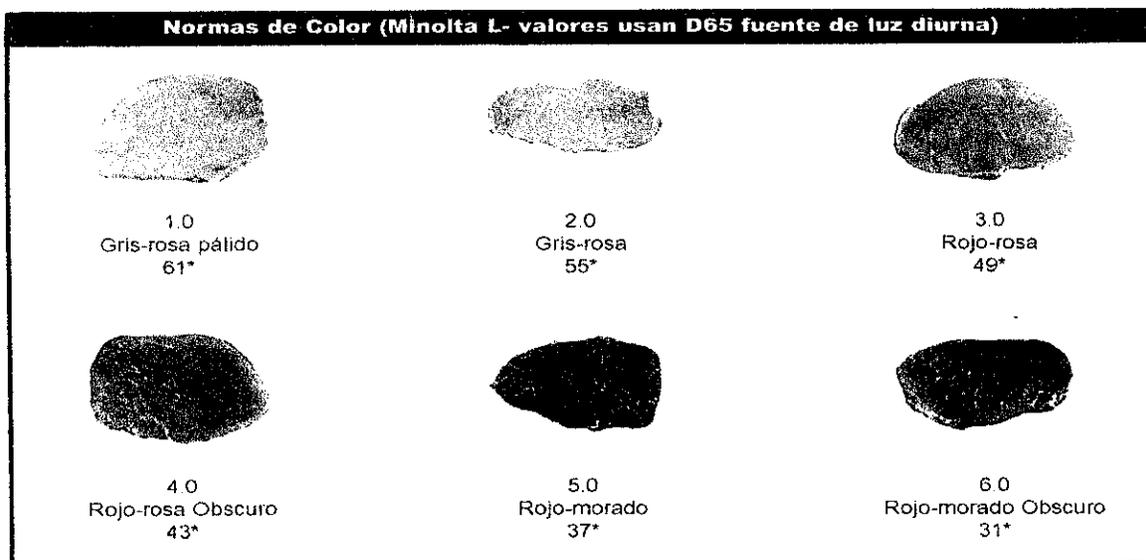
Vocalizaciones mientras están colgados en el riel de desangrado

Reflejos oculares en repuesta al tacto

Reflejo palpebral

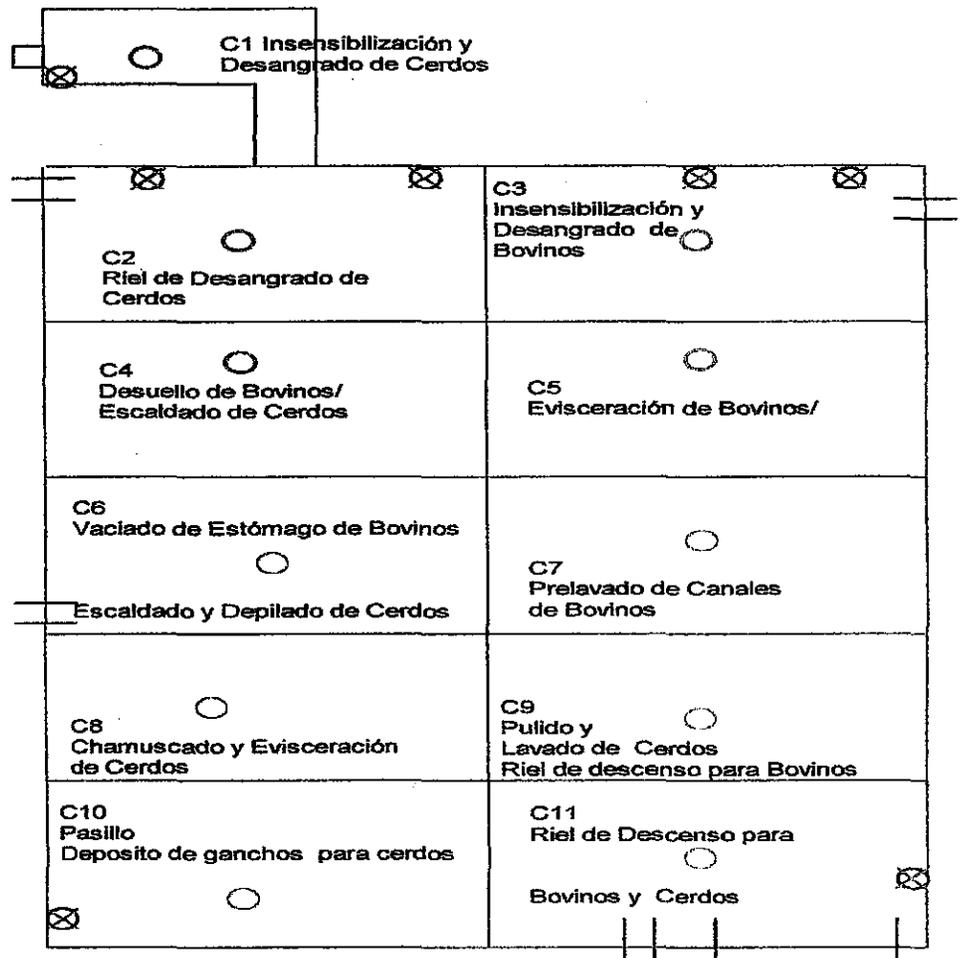
Espalda arqueada con reflejo de pararse

Pelo hirsuto



Anexo III

División de la nave de sacrificio por cuadrantes (C) para la evaluación de la calidad bacteriológica del aire.



- SITIO DE MUESTREO
- ⊗ EXTRACTOR DE AIRE
- ENTRADA/ SALIDA
- VENTANA

Emplazamiento del equipo e infraestructura física

C1: Es un espacio anexo a la nave de sacrificio, exclusivo para cerdos, en el cual se encuentra el “restrainer” (Aparato para inmovilizar a los cerdos), la banda transportadora para animales desangrados y el riel que los conduce al tanque de escaldado. Existe una ventana que permanentemente se encuentra abierta, la cual es utilizada para ingresar a los animales caídos, así como un extractor que siempre estuvo en funcionamiento durante la matanza. No existe transito de personal ajeno a esta área.

Los cuadrantes C2 al C11 se encuentran dentro de la nave de sacrificio, la cual es un edificio que posee 4 entradas-salidas (usadas frecuentemente por el personal), 1 pasillo que comunica con el C1 y una abertura que es utilizada para sacar el pelo de la sala (Figura 1). En el techo existen ventanas que permanentemente están abiertas.

C2: En este cuadrante continúa el riel de desangrado de cerdos que los conduce al escaldado, existen dos extractores que estuvieron funcionando durante la matanza y existe una entrada-salida, además del pasillo que comunica con el C1, y una puerta (que conduce hacia el balcón) que comúnmente permanece abierta. No existe personal ajeno que transite por el lugar.

C3: En el se encuentran la insensibilización y desangrado de bovinos, existen dos extractores que funcionaron durante la matanza, hay flujo de personal debido a una entrada-salida, la cual permanentemente permanece abierta por carecer de puerta.

C4: En este lugar se encuentra la máquina desolladora de bovinos y la parte inicial de la tina de escaldado de cerdos, en este cuadrante no existe personal ajeno al área de trabajo.

C5: Se sitúa el riel por donde se transportan los bovinos para realizar la evisceración, existe poco flujo de personal.

C6: Aquí se realiza el vaciado de estómago de bovinos y también se encuentra la tina de escaldado, así como la máquina depiladora de cerdos y en este cuadrante existe poco tránsito de personal.

C7: Parte corresponde al vaciado de estómagos. En esta área se encuentra el riel de prelavado de canales bovinos. Si existe flujo constante de personal ajeno al área de trabajo.

C8: Aquí se localiza la máquina chamuscadora de pelo y evisceración de cerdos. Existe una abertura para sacar el pelo y nulo flujo de personal ajeno al área.

C9: En este cuadrante se encuentra el inicio del riel de descenso de bovinos, riel de lavado de cerdos, existe flujo constante de personal ajeno al área.

C10: En esta área se encuentra el lugar donde se depositan los ganchos para cerdos y existe un extractor que estuvo en función durante la matanza hay poco flujo de personal.

C11: En el se encuentra emplazado el riel de descenso para cerdos y bovinos, así como un extractor que estuvo en función durante la matanza. Es el cuadrante con mayor flujo de personal ya que tiene dos entradas-salidas, una de ellas es el principal acceso a la nave de sacrificio.

Anexo IV

Coefficiente de Correlación de Pearson (Triola, 2000; Data Mining Institute, 2006)

El coeficiente de correlación de Pearson (r) es un índice que mide la magnitud de la relación lineal entre 2 variables cuantitativas, así como el sentido, positivo o negativo, de dicha relación. Indica en qué grado 2 variables X e Y fluctúan simultáneamente, es decir cuánto aumenta X al aumentar Y (correlación positiva), o cuánto aumenta X al disminuir Y (correlación negativa). A diferencia de la regresión lineal, el coeficiente de correlación no presupone dependencia de una variable respecto a la otra; X e Y se sitúan a un mismo nivel. Asimismo, la existencia de correlación lineal entre 2 variables no implica necesariamente una relación causal entre ellas, sino que se limita a explicar su covariación. El coeficiente de correlación de Pearson es adimensional. Puede tomar cualquier valor desde $+1$ hasta -1 . Ambos extremos, $r = +1$ y $r = -1$, denotan una correlación lineal perfecta, positiva y negativa, respectivamente. Un coeficiente $r = 0$ indica en cambio una ausencia absoluta de correlación lineal. El coeficiente r calculado en una determinada muestra es una estimación del coeficiente de correlación en la población origen de la muestra. La aplicación de una prueba estadística permite comprobar si la correlación observada en la muestra es estadísticamente significativa (existe también en la población), o si, por el contrario, puede ser debida al azar. Si el valor p resultante es inferior al nivel de significación establecido ($p < 0,05$), concluiremos, con un riesgo p de equivocarnos, que r es distinto de 0 en la población. El valor de p depende del grado de correlación entre ambas variables y del tamaño de la muestra. Por tanto debe distinguirse la significación estadística de r de su magnitud. De hecho, una correlación débil (r próximo a 0) puede ser significativa cuando la muestra es muy grande, y al contrario un valor de r muy elevado puede no ser estadísticamente significativo cuando la muestra es pequeña. Un solo punto extremo difícilmente compatible con una distribución normal afecta de forma importante el valor del coeficiente r , obteniéndose una correlación falsamente elevada.

Valores críticos para el coeficiente de correlación “ r ” de Pearson

n	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
4	.950	.999
5	.878	.959
6	.811	.917
7	.754	.875
8	.707	.834
9	.666	.798
10	.632	.765
11	.602	.735
12	.576	.708
13	.553	.684
14	.532	.661
15	.514	.641
16	.497	.623
17	.482	.606

n	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
18	.468	.590
19	.456	.575
20	.444	.561
25	.396	.505
30	.361	.463
35	.335	.430
40	.312	.402
45	.294	.378
50	.279	.361
60	.254	.330
70	.236	.305
80	.220	.286
90	.207	.269
100	.196	.256