

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS**

**DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**



**Monitoreo de la Calidad Bacteriológica del Aire  
en el Proceso de Obtención de la Carne**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGIA**

**PRESENTA :**

**P. Biol. Adriana Rendón Garabito**

**LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JALISCO. SEPTIEMBRE DE 2004.**

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

**DIVISION CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**



**MONITOREO DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AIRE EN  
EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CARNE**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:**

**P. Biol. ADRIANA RENDÓN GARABITO**

**DIRECTOR  
M. en C. CARLOS ALBERTO CAMPOS BRAVO**

**ASESOR  
M. en C. ELISA CABRERA DÍAZ**

**Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco. Septiembre de 2004**



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

**C. ADRIANA RENDÓN GARABITO  
PRESENTE.**

Manifiestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de TESIS E INFORMES opción Tesis con el título "MONITOREO DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AIRE, EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CARNE", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado/a como Director de dicho trabajo el/la M.C CARLOS ALBERTO CAMPOS BRAVO como Asesor el/la M.C ELISA CABRERA DIAZ.

**A T E N T A M E N T E  
"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal., 19 de julio del 2004

**DR. CARLOS ALVAREZ MOYA  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

**DRA. ANA ISABEL RAMÍREZ QUINTANA  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

c.c.p M.C CARLOS ALBERTO CAMPOS BRAVO.-Director del Trabajo.  
c.c.p. M.C ELISA CABRERA DIAZ.-Asesor del Trabajo.  
c.c.p. Expediente del alumno

CAM/AIRQ/cpa



COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

**DR. CARLOS ALVAREZ MOYA**  
**PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**  
**CARRERA DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**P R E S E N T E.**

Forma C

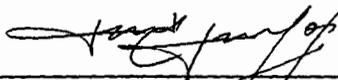
Por medio de la presente nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de Titulación, Modalidad Tesis que realizó la pasante Adriana Rendón Garabito con código (394027094), con el título "MONITOREO DE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AIRE EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CARNE".

Consideramos que ha quedado debidamente concluido, Por lo que ponemos a su consideración el escrito final para su autorización de impresión, y en su caso, Programación de fecha de examen respectivo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**

Las agujas, Zapopan, Jal., Agosto del 2004

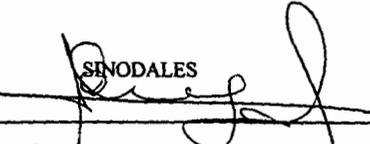


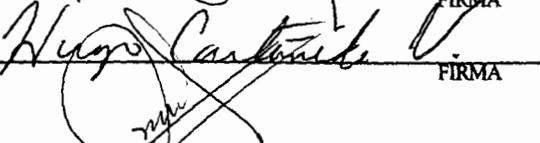
**M.C. CARLOS ALBERTO CAMPOS BRAVO**  
**DIRECTOR DE TESIS**

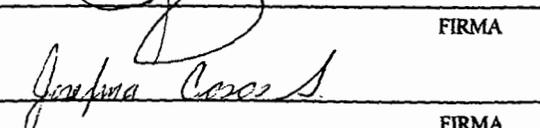


COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

**SINODALES**

M.V.Z. Miguel carbajal Soria  \_\_\_\_\_ FIRMA

DR. Hugo Castañeda Vázquez  \_\_\_\_\_ FIRMA

Q.F.B. Rosa María Domínguez Arias  \_\_\_\_\_ FIRMA

SUPL. M.C. Josefina Casas Solís  \_\_\_\_\_ FIRMA

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad de Guadalajara por mi constante formación profesional.**

**A MIS PADRES: Francisco Rendón y Ema Garabito**  
**Por ser buenos padres y por darme siempre su apoyo.**

**A mi Director de tesis M. C. Carlos Alberto Campos Bravo por la transmisión de sus conocimientos, tiempo, y esfuerzos.**

**A mi Asesora M. C. Elisa Cabrera Díaz, cuyos consejos fueron de gran valía en la elaboración de la presente investigación.**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
RESUMEN	X
ANTECEDENTES	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN	5
HIPÓTESIS	6
OBJETIVOS	7
METODOLOGÍA	8
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	19
CONCLUSIONES	24
BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXO I	30
ANEXO II	32
ANEXO III	34

## RESUMEN

La presencia de microorganismos en carne puede causar su deterioro ó convertirla en vehículo de enfermedad al consumidor. Durante el proceso de obtención ésta puede contaminarse desde diversas fuentes, al entrar en contacto con utensilios, equipo, manos y aerosoles que incluyen gotas de agua, polvo y partículas de materia orgánica. 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.

Mediante microorganismos indicadores se evaluó la calidad bacteriológica del aire en la nave de sacrificio del rastro municipal de Guadalajara.

Los muestreos se efectuaron los días lunes, miércoles y viernes, con y sin matanza. La nave de sacrificio se dividió en 11 cuadrantes, las muestras se realizaron por duplicado tanto para Bacterias Mesofilas Aerobias (BMA), como para Organismos Coliformes Totales (OCT), mismas que se colocaron individualmente en el muestreador de aire, con un flujo de 100 lt/min, a 1 m del piso. A partir de los OCT se realizó la prueba confirmatoria de Organismos Coliformes Fecales (CF).

En el análisis de BMA, solo el día miércoles presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los muestreos con y sin matanza. Tanto para CT como para CF se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los muestreos con y sin matanza de los tres días.

El número de bacterias en el aire de la nave de sacrificio, se eleva durante la matanza y es menor sin matanza, así mismo, la presencia de coliformes fecales en el aire de toda la nave de sacrificio durante la matanza, señala la probabilidad de que en cualquier punto la canal sea contaminada por *E.coli*.

## ANTECEDENTES

### COMPOSICION DEL AIRE

El aire es una mezcla de gases. Los componentes constantes son: Nitrógeno 78%, Oxígeno 21%, Argón 0.000934%, Neón 0.0018%, Helio 0.00052%, Criptón 0.00011%, Xenón 0.000009% y los componentes variables son: vapor de agua, ozono y otras partículas cuya composición varía debido a las constantes mezclas producidas por las corrientes de aire (Jennings, 1999).

### EL AIRE COMO FUENTE DE CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Las fuentes de contaminación microbiana de los alimentos son: agua, tierra, aire, utensilios, equipo, materias primas, envases, fauna, el humano, ingredientes y aditivos. El aire es vehículo de microorganismos tanto en forma de esporas como de células vegetativas, por lo cual, el estudio microbiológico de este elemento tiene una gran importancia sanitaria (Fernández, 2000).

En el aire es posible encontrar microorganismos asociados a la actividad humana o procedentes de las demás fuentes, los movimientos en la atmósfera cargan al aire de bacterias que están asociadas con la etapa del proceso en la que se generan (Fernández, 2000), de manera que el número de partículas en suspensión (menores a 0.1mm), están relacionadas con el número de microorganismos que se encuentran en el aire (Jennings, 1999).

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

Las principales fuentes de contaminación bacteriana del aire en ambientes cerrados de las plantas procesadoras de alimentos son: el sistema de ventilación, el aire acondicionado, la actividad de los trabajadores, el agua de los drenajes no cubiertos y el agua dispersada por las hidrolimpiadoras (Fernández, 2000).

### CONTAMINACIÓN BACTERIANA DEL AIRE EN RASTRO

Las bacterias pueden contaminar la carne desde distintos orígenes: al entrar en contacto con los utensilios ó material y equipo sucios, a través de las manos y la vestimenta de manipuladores por gotas de agua y polvo procedentes de un ambiente contaminado, por las partículas desprendidas de cueros, pieles, pezuñas y en el eviscerado por la rotura del intestino (Novak y Yuan, 2003).

El animal mismo es fuente de contaminación importante, cada lote de animales proviene de lugares con características diferentes, con ecosistemas únicos, que pueden ser causantes de infecciones zoonóticas emergentes (Teufel, 1987; Gracey, 1989; Forrest, 1997).

La prevalencia de microorganismos en la piel de cerdos y bovinos está en función del movimiento, permanencia en corrales y de la condición de la piel misma. El total de bacterias de origen fecal y del suelo en la piel, puede exceder  $10^9/\text{cm}^2$  (Jericho, *et al.*, 2000).

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). Dependiendo del lote de procedencia de los animales, puede variar la composición de las partículas, además de la influencia de la estación del año (Rahkio, 1997).

En condiciones subtropicales se han encontrado en el aire de corrales para cerdos fuertes concentraciones de bacterias mesófilas aerobias (BMA)  $3.3 \times 10^5$ , Gram negativas 147.7 y hongos  $1000 \text{ UFC}/\text{m}^3$ . Estos niveles pueden deberse a las condiciones de limpieza irregular y poco frecuente, alta densidad de animales, no levantamiento de desechos y acumulación de agua (Chang, 2001).

La mayoría de los contaminantes que se encuentran en las granjas porcinas están asociados a los mismos cerdos, entre los más importantes se encuentran los microorganismos, el polvo y los gases (Sulfuro de hidrógeno y amoníaco) (Gilbert, 2002). En el aire de los comederos existe una diversidad de microorganismos (hongos y bacterias) que a través de la piel y los aerosoles, pueden llegar a contaminar la carne (Wilson, 2002).

La concentración de bacterias en el aire de los corrales puede ser extremadamente alta en época de calor, sin embargo al tener la necesidad de ventilar el área para evitar el estrés calórico en los cerdos, es común encontrar cuentas alrededor de  $17,657 \text{ UFC}/\text{m}^3$  y en épocas más frescas sin sistema de ventilación se han reportado hasta  $353,146 \text{ UFC}/\text{m}^3$  (Gilbert, 2002).

En lugares donde se encuentran confinados los cerdos, se han identificado como predominantes, los géneros *Micrococcus* y *Staphylococcus*; es conocido que ambos forman agregados en la naturaleza (Chang, 2001). Los microorganismos presentes pueden tener su origen en la descamación de los cerdos, materia fecal y alimento, son fácilmente acumulados y aerosolizados en lugares densamente poblados y en edificios cerrados (Donham, *et al.*, 1986).

La cuenta total viable en el aire de un rastro, se comporta de manera estacional, siendo mayor en los meses calurosos, sin que esto tenga relación significativa con la suciedad y humedad del área en estudio (Jericho, *et al.*, 2000).

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 ( $2.03 \log_{10}$  UFC/100 litros de aire), así como con los movimientos de los trabajadores entre áreas limpias y sucias (Rahkio y Korkeala, 1997).

En el estudio de Jericho, *et al.*, (2000), se sugiere que ocurre una distribución uniforme de las bacterias en el aire de la sala de matanza debido a la alta correlación ( $r=0.84$ ) encontrada entre las cargas bacterianas de áreas separadas 6 m una de otra, reportando un potencial acumulativo de exposición, de  $2 \log_{10}$  organismos/cm<sup>2</sup>.

La adhesión de las bacterias a la superficie de la canal es inmediata a la remoción de la piel y depende de las características de las bacterias y de la misma canal (Kira, 1985). Los aerosoles (de materia fecal o no fecal) pueden llegar a todas las superficies expuestas de la canal, pero el hombro, el cuello y la cabeza pueden ser las menos contaminadas. 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).

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, pueden ser recuperables en este alimento (Gill, *et al.*, 1998; Siragusa, *et al.*, 1998). Algunos patógenos sobreviven en la carne a tratamientos de calor ( $55^{\circ}\text{C}/30$  minutos) más que otros, tal es el caso de *Clostridium Perfringens*, en relación a *Listeria* y *E.coli* (Novak y Yuan, 2003).

La alta incidencia de microorganismos en carne, puede causar su deterioro o convertirla en vehículo de enfermedad al consumidor (Teufel, 1987; Siragusa, *et al.*, 1998).

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).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas de Salud Pública es el relacionado con las enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos de origen animal, de los cuales la carne es uno de los más frecuentemente implicados y consumidos por la población en general. En la zona metropolitana de Guadalajara el 96 % de la población consume carne de res y el 41 % carne de cerdo (ITESO y SEDER, 1996), mismas que son provistas en un 50 % aproximadamente por el rastro municipal de Guadalajara<sup>1</sup> (RMG).

Dicho establecimiento presenta condiciones higiénicas deficientes, no posee un programa de Buenas Prácticas de Higiene, ni sellado estándar, por lo que el flujo del aire es libre a través de la nave de sacrificio. En el aire es posible encontrar la mayoría de los microorganismos que habitan en el suelo y otros sustratos, sin embargo, se desconoce su carga bacteriana en este establecimiento, por lo cual es importante determinar la cantidad de bacterias que se encuentran en el aire de la nave de sacrificio, debido a que este puede contribuir a la contaminación de la carne.

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

- 1.- Comunicación personal: M.V.Z. Enrique González Arana  
Director del rastro municipal de Guadalajara  
Octubre 2003

## JUSTIFICACIÓN

Resulta importante tener registros de la calidad del aire en la nave de sacrificio del rastro municipal de Guadalajara, ya que los microorganismos suspendidos pueden afectar la calidad e inocuidad de la carne.

Se han efectuado evaluaciones de cargas bacterianas en canales de bovinos y porcinos en el rastro municipal de Guadalajara (el más importante en el país<sup>1</sup>), los cuales se complementarán con la investigación de la calidad bacteriológica del aire.

El presente estudio es parte de un plan de evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias con que cuenta el rastro municipal. Al término de ésta investigación se podrán hacer recomendaciones que se incluirán en un plan de mejora continua para este establecimiento.

1.- Comunicación personal: M.V.Z. Enrique González Arana  
Director del rastro municipal de Guadalajara  
Octubre 2003

## HIPOTESIS

La carga bacteriana en el aire de la nave de sacrificio del rastro municipal de Guadalajara es elevada y puede contribuir a la contaminación de la carne.

## **OBJETIVO GENERAL**

Monitorear la calidad bacteriológica del aire en la nave de sacrificio del rastro municipal de Guadalajara, Jalisco, mediante microorganismos indicadores.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Evaluar cuantitativamente la carga bacteriana total en aire.
2. Evaluar cuantitativamente coliformes totales en aire.
3. Determinar la presencia de coliformes fecales en aire.

## METODOLOGÍA

La toma de muestras se realizó en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco y el procesamiento de las mismas en la sección de Microbiología Alimentaria del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara.

### Plan de Muestreos

Se efectuaron 6 muestreos en un lapso de 45 días, 3 de los cuales se realizaron durante el proceso de matanza los días lunes, miércoles y viernes, entre 10:00 y 11:00 h, los 3 restantes se llevaron a cabo sin matanza entre 19:00 y 20:00 h (después de haber sido lavada la nave de sacrificio, con los procedimientos usuales del establecimiento) los mismos días.

Lunes	Miércoles	Viernes
Con Matanza semana 1	Con Matanza semana 2	Con Matanza semana 3
Sin Matanza semana 4	Sin Matanza semana 5	Sin Matanza semana 6

### Sitios de Muestreo

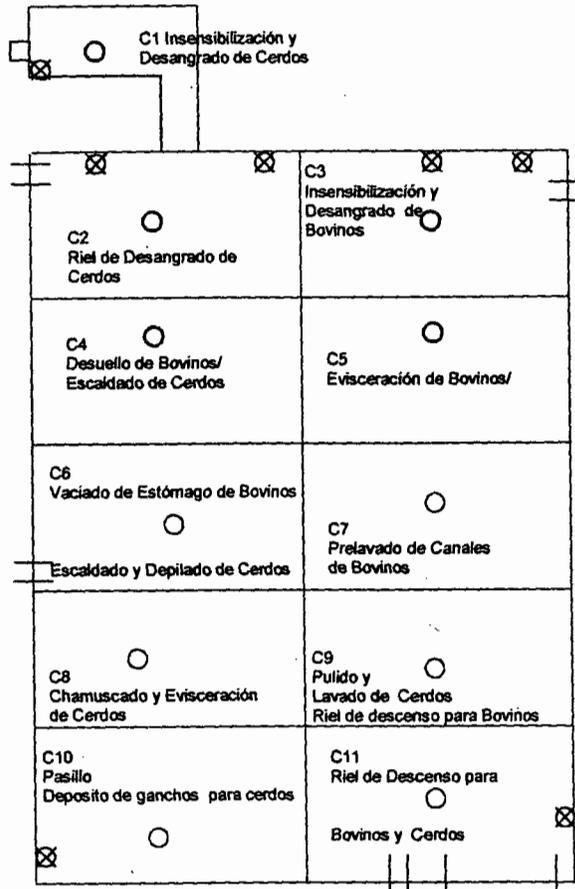
La nave de sacrificio se dividió en 11 cuadrantes (Figura 1), el sitio específico de muestreo se estableció de tal manera que no se interfiriera con las operaciones de matanza. En cada uno se tomaron datos sobre el flujo del personal. Los muestreos se realizaron por duplicado tanto para el análisis de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA) como de Organismos Coliformes Totales (OCT).

Mediante un equipo muestreador de aire SAS Súper 100<sup>®</sup> (Pbi Internacional USA), se colectó un flujo de 100 litros de aire durante 1 minuto sobre agar para métodos estándar y agar bilis rojo violeta para la determinación de BMA y OCT respectivamente. Cada sitio de muestreo fue siempre el mismo dentro del cuadrante respectivo, a una altura de 1 metro a partir del suelo. El aparato se desinfectó con alcohol al 96%, antes de colocar cada placa con medio de cultivo de acuerdo con las instrucciones del proveedor del equipo. (Instruction manual, 2002).

En cada sitio de muestreo se registró la temperatura y humedad relativa del medio ambiente utilizando un Higrotermómetro (Extech instruments<sup>®</sup> USA), en el sitio inmediato a la ubicación del muestreador de aire.

La información sobre dirección y velocidad del viento en la zona donde se localiza el rastro fue proporcionada por el Instituto de Astronomía y Meteorología (IAM) de la Universidad de Guadalajara.

Figura 1.- Esquema de la nave de sacrificio y ubicación de los sitios de muestreo



SITIO DE MUESTREO



EXTRACTOR DE AIRE



ENTRADA/ SALIDA



VENTANA

a) **Bacterias Mesofilas Aerobias:** Las placas de agar para métodos estándar se incubaron directamente a 35°C/48 horas. El recuento se realizó en un cuenta colonias tipo Québec (Apha, 1992).

b) **Coliformes totales:** A las placas de agar bilis y rojo violeta se les vertió una sobrecapa y se incubaron a 35°C/24 horas. El conteo se realizó en un cuenta colonias tipo Québec ( Refai, 1981).

c) **Coliformes fecales:** A partir de las cajas de agar bilis y rojo violeta se seleccionaron las colonias de coliformes. Cada colonia se sembró en caldo bilis verde brillante al 2% con campana de Durham, los tubos se incubaron a 37°C durante 24 a 48 h., a partir de los tubos positivos se transfirió el inóculo a caldo EC con incubación a 44.5°C durante 24 a 48 horas. La producción de gas se consideró como prueba confirmatoria de coliformes fecales (Refai, 1981).

#### Calculo de resultados

Se contabilizó el total unidades formadoras de colonias (UFC) por placa, obteniéndose el promedio de BMA y OCT en cada sitio de muestreo. A continuación se efectuó una correlación en las tablas de ajuste proporcionadas por el proveedor del equipo muestreador aplicando la siguiente fórmula (Instruction manual, 2002):

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

Donde:

V = Volumen de muestra de aire

r = Unidades formadoras de colonia contadas en placas de 90 mm

Pr = Probable conteo obtenido por correlación positiva

x = Unidades formadoras de colonias por 1000 litros (1 m<sup>3</sup>) de aire.

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 (Paquete estadístico Statgraphics, 1999).

## RESULTADOS

### EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA CARGA BACTERIANA TOTAL (BMA)

#### LUNES

El mayor promedio de BMA, tuvo lugar en el cuadrante 1 con matanza (4.2  $\log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire), mientras que el menor valor lo obtuvo el cuadrante 4 (3.2) (Cuadro 1). El promedio de BMA fue mayor sin matanza (3.8), mientras que con matanza fue de 3.6 (Cuadro 1, Gráfica 1, Gráfica 2).

#### MIÉRCOLES

El cuadrante menos contaminado con matanza fue el 11 con una carga de 3.7 y sin matanza, lo fue el 10 con 2.8 (Cuadro 1). El promedio fue mayor con matanza (4.2) que sin matanza (3.6) (Cuadro 1, Gráfica 1, Gráfica 2).

#### VIERNES

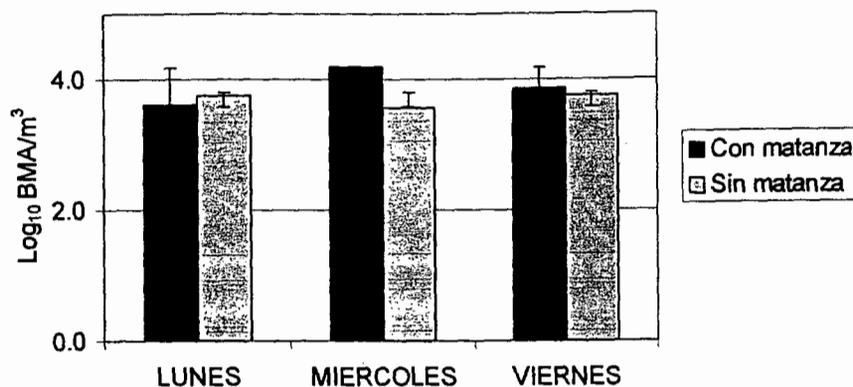
El mayor valor de BMA, 5.0, se presentó con matanza en el cuadrante 3 (Cuadro 1). Las muestras correspondientes a los cuadrantes 8, 10 y 11, sin matanza no se realizaron. En promedio, las muestras con matanza presentaron un mayor valor (3.9), en relación a las obtenidas sin matanza (3.8) (Cuadro 1, Gráfica 1, Gráfica 2).

**CUADRO 1.- Bacterias Mesófilas Aerobias con y sin matanza**  
( $\log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire).

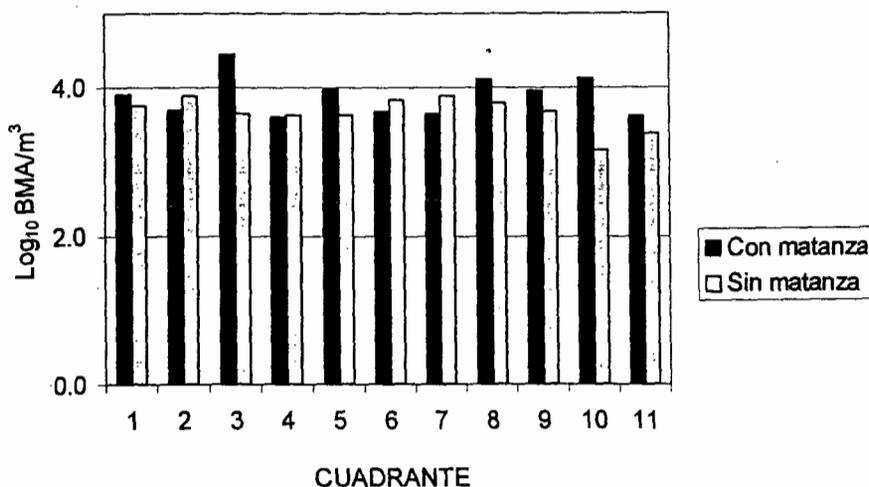
CUADRANTE	LUNES		MIÉRCOLES		VIERNES	
	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA
1	4.2	3.7	4.1	3.5	3.4	4.0
2	3.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.7
3	4.1	4.1	4.3	3.3	5.0	3.5
4	3.2	4.0	4.3	3.2	3.4	3.7
5	3.3	3.7	4.3	3.4	4.4	3.9
6	3.4	3.7	4.3	4.0	3.3	3.8
7	3.6	3.7	4.2	4.3	3.2	3.7
8	3.6	3.6	4.3	4.0	4.5	X
9	3.5	3.8	4.3	3.5	4.1	3.8
10	3.9	3.5	4.3	2.8	4.2	X
11	3.5	3.1	3.7	3.7	3.7	X
MEDIA	3.6	3.8	4.2	3.6	3.9	3.8

En promedio la carga bacteriana de los tres días con matanza fue de 3.9, con una dispersión de 0.8. Sin matanza el promedio fue de 3.7, con una dispersión de 0.7.

**GRAFICA 1.-** Promedio de Bacterias Mesofilas Aerobias por día en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.



**GRAFICA 2.-** Promedio de Bacterias Mesofilas Aerobias por cuadrante en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.



El análisis estadístico de los tres días con y sin matanza no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Al analizar por separado cada día el análisis del día miércoles presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los muestreos con y sin matanza. Lunes y viernes no fueron significativos ( $p > 0.05$ ) Cuadro 2).

**CUADRO 2.-** Análisis estadístico para determinar significancia entre Cargas Bacterianas (BMA) ( $\text{Log}_{10}$  UFC/ $\text{m}^3$  de aire).

DIA		PROMEDIO	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Lunes	CM	3.6	NS	0.98	0.306
	SM	3.7		1.4	0.361
Miércoles	CM	4.1	AS	0.63	0.179
	SM	3.5		1.49	0.422
Viernes	CM	3.8	NS	1.81	0.584
	SM	3.7		0.55	0.161

CM = Con matanza

NS = No significativo  $p > 0.05$

SM = Sin matanza

AS = Altamente significativo  $p < 0.01$

## EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES

### LUNES

En el cuadrante 3 con matanza se observó el mayor número de coliformes totales  $2.1 \log_{10}$  UFC/ $\text{m}^3$  de aire (Gráficas 3 y 4), mientras que el mismo día los cuadrantes 4 y 5 con matanza, presentaron un valor de 1.7 en coliformes fecales (Cuadro 3; Gráficas 5 y 6).

En promedio, solo 1.2 fueron positivos a coliformes fecales, del total de 1.3 con matanza, en tanto que sin matanza todos los coliformes totales fueron a su vez coliformes fecales. En promedio, este día presentó los menores valores en los cuatro parámetros (Cuadro 3).

### MIÉRCOLES

Tanto coliformes totales (2.1) como fecales (2.0) con matanza, presentaron en promedio mayores valores que sin matanza, (0.9 y 0.8, respectivamente). Este día presentó los mayores valores promedio en todos los parámetros estudiados, en relación a los días lunes y viernes (Cuadro 3; Gráficas 3,4,5 y 6).

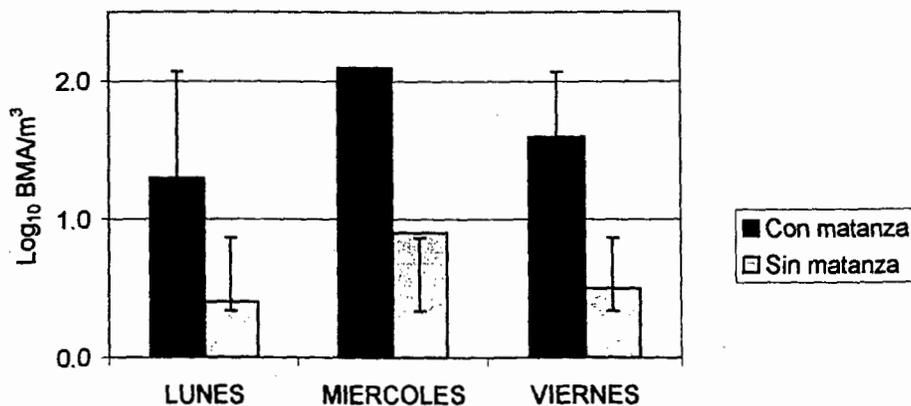
### VIERNES

Todos los coliformes totales con ( $1.6 \log_{10}$  UFC/ $\text{m}^3$  de aire) y sin matanza (0.5), resultaron ser coliformes fecales (Cuadro 3; Gráficas 3 y 5).

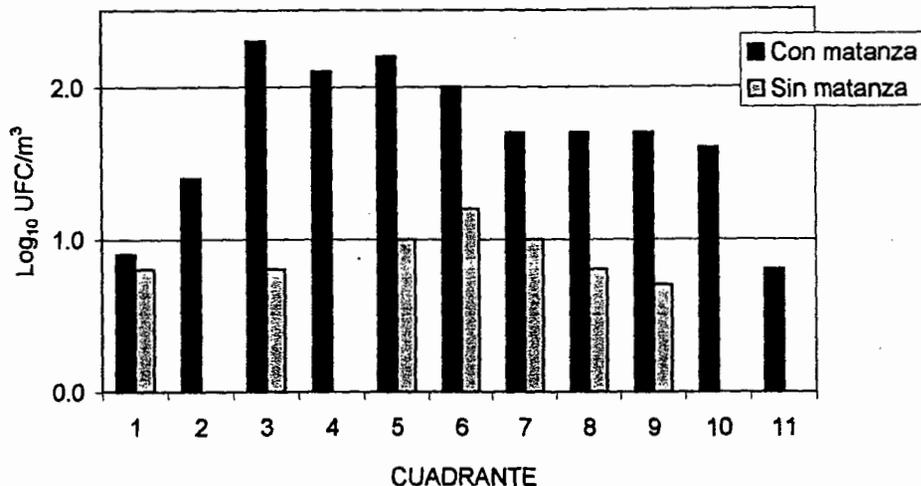
**CUADRO 3.- Coliformes Totales y Fecales con y sin matanza por cuadrante (Log<sub>10</sub> ufc/m<sup>3</sup> de aire).**

CUA- DRAN- TE	LUNES				MIÉRCOLES				VIERNES			
	Totales		Fecales		Totales		Fecales		Totales		Fecales	
	CON MAT	SIN MAT										
1	1.0	1.5	1.0	1.5	1.6	1.0	1.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.0	0.0	1.0	0.0	2.2	0.0	2.2	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
3	2.1	1.0	2.0	1.0	2.7	1.3	2.5	1.0	2.2	0.0	2.2	0.0
4	1.8	0.0	1.7	0.0	2.5	0.0	2.2	0.0	1.9	0.0	1.9	0.0
5	1.8	1.0	1.7	1.0	2.8	1.0	2.6	1.0	2.1	1.0	2.1	1.0
6	1.3	0.0	1.3	0.0	2.6	1.9	2.5	2.0	2.2	1.8	2.2	1.8
7	1.3	1.0	1.0	1.0	1.8	2.1	1.8	1.9	2.0	0.0	2.0	0.0
8	1.6	0.0	1.0	0.0	1.5	1.7	1.5	1.6	2.0	X	2.0	X
9	1.0	0.0	1.0	0.0	2.2	1.0	2.2	1.0	1.9	1.0	1.9	1.0
10	1.3	0.0	1.3	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	1.0	X	1.0	X
11	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.5	X	1.5	X
MEDIA	1.3	0.4	1.2	0.4	2.1	0.9	2.0	0.9	1.6	0.5	1.6	0.5

**GRAFICA 3.- Promedio de Coliformes Totales por día en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.**



**GRAFICA 4.-** Promedio de Coliformes Totales por cuadrante en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.



Al comparar estadísticamente los tres días en conjunto con y sin matanza, se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ). Al analizar por separado cada día, también se detectaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los muestreos con y sin matanza (Cuadro 4).

**CUADRO 4.-** Análisis estadístico para determinar significancia entre Coliformes Totales (Log<sub>10</sub> UFC/m<sup>3</sup> de aire).

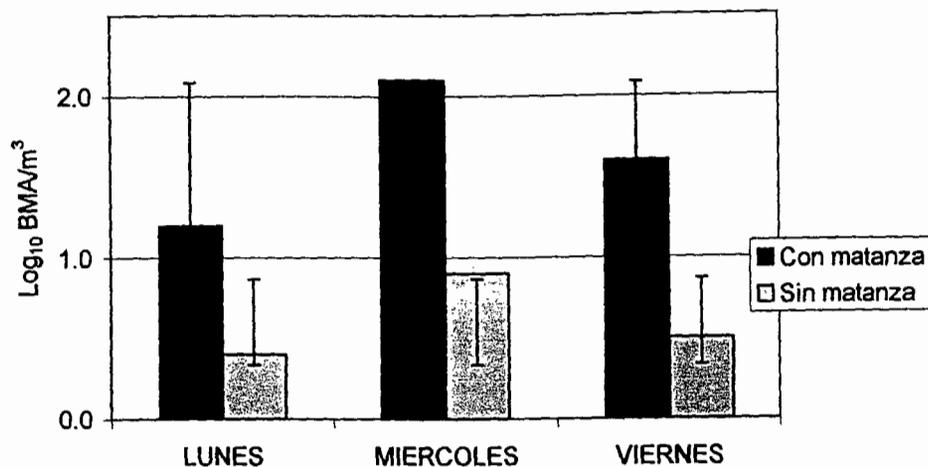
DIA		PROMEDIO	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Lunes	CM	1.29	AS	2.11	0.567
	SM	0.4		1.47	0.578
Miércoles	CM	2.07	AS	1.6	0.527
	SM	0.85		1.95	0.765
Viernes	CM	1.62	AS	2.23	0.695
	SM	0.48		1.84	0.711

CM = Con matanza

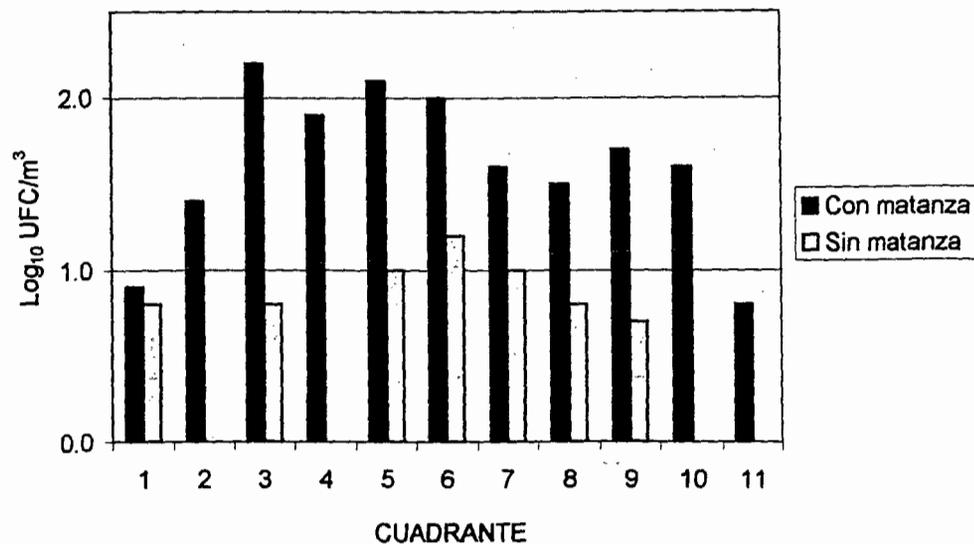
SM = Sin matanza

AS = Altamente significativo  $p < 0.01$

**GRAFICA 5.-** Promedio de Coliformes Fecales por día en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.



**GRAFICA 6.-** Promedio de Coliformes Fecales por cuadrante en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.



Al comparar estadísticamente los tres días en conjunto con y sin matanza, se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ). Al analizar por separado cada día, también se detectaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los muestreos con y sin matanza (Cuadro 5).

**CUADRO 5.-** Análisis estadístico para determinar significancia entre Coliformes Fecales ( $\text{Log}_{10}$  UFC/ $\text{m}^3$  de aire).

DIA		PROMEDIO	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	AMPLITUD	DESVIACIÓN ESTANDAR
Lunes	CM	1.18	AS	2.0	0.526
	SM	0.4		1.47	0.578
Miércoles	CM	2.07	AS	1.6	0.527
	SM	0.85		1.95	0.765
Viernes	CM	1.62	AS	2.23	0.695
	SM	0.48		1.84	0.711

CM = Con matanza

SM = Sin matanza

AS = Altamente significativo  $p < 0.01$

Las lecturas promedio de los tres días indican que hay mayor temperatura ( $27.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (56 %) durante la matanza que sin ésta ( $23.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 53.9 %) (Cuadro 6).

**CUADRO 6.-** Temperatura y humedad relativa promedio en la nave de sacrificio del Rastro Municipal de Guadalajara.

	LUNES		MIÉRCOLES		VIERNES	
	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA	CON MATANZA	SIN MATANZA
TEMP	27.3	24.7	26.9	22.1	27.4	23.7
H.R.	45	63	60	41.9	63	57

TEM = Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

H.R = Humedad relativa (%)

En el análisis de correlación entre los parámetros incluidos en el estudio, solamente coliformes totales y fecales presentaron una alta correlación (0.9). Los demás parámetros no presentaron correlaciones importantes (Cuadro 7).

**CUADRO 7.-** Correlación entre los parámetros del estudio.

PARÁMETROS		
1	2	R <sup>2</sup>
TEMPERATURA	Humedad Relativa	0.0349
	BMA	0.0368
	Coliformes Totales	0.0778
	Coliformes Fecales	0.0757
HUMEDAD RELATIVA	BMA	0.1018
	Coliformes Totales	0.066
	Coliformes Fecales	0.1079
BMA	Coliformes Totales	0.2172
	Coliformes Fecales	0.2449
COLIFORMES TOTALES	Coliformes Fecales	0.9537

BMA = Bacterias Mesófilas Aerobias

R<sup>2</sup> = Coeficiente de Correlación

(Paquete estadístico Statgraphics, 1999).

## DISCUSIÓN

Las diversas fuentes de contaminación en un rastro están interrelacionadas y es difícil determinar en que proporción cada una de ellas contribuye al aumento de la carga bacteriana en los tejidos comestibles, desde hace varias décadas existen estudios que abordan diversos aspectos en relación a este tema, sin embargo, lo referente al aire no ha sido estudiado extensivamente.

Los factores primarios que pueden explicar la variación en cuanto a contaminación microbiana durante el procesado de las canales están relacionados con la carga bacteriana que el animal en pie introduzca al matadero y con las prácticas sanitarias empleadas en el mismo (Galland 1997; Guyon, 2000). Aunque los factores asociados exclusivamente con la calidad del aire aún no son totalmente entendidos, (Apter *et al*, 1994).

Debido a las entradas-salidas con que cuenta la nave de sacrificio es posible que las bacterias procedan en parte, de los corrales, En lugares de confinamiento de cerdos se han encontrado rangos de contaminación bacteriana desde  $8.46 \times 10^4$  hasta  $9.3 \times 10^5$  UFC/m<sup>3</sup>, con la presencia de bacterias potencialmente patógenas en el 100% de las muestras (Bilic, *et al* 2000; Duchaine *et al*, 2000). Sin embargo, la emisión de esas bacterias a las inmediaciones vía aerosoles puede ser variable debido a las corrientes de aire y su velocidad (Pickrell, 1991; Bilic, *et al* 2000). Lunes y viernes sin matanza el aire provenía de los corrales hacia la nave, el resto de los días fue en sentido contrario (Anexo 2).

En corrales de bovinos, del total de bacterias aerobias se han identificado hasta el 5.2% como Gram negativas entre las que predominan las familias Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Neisereaceae, de la primera las especies predominantes fueron *Escherichia coli* y *Enterobacter agglomerans* (Zucker *et al*.,2000).

El número de animales está correlacionado con el tipo de bacterias presentes en el aire ( $p < 0.05$ ) (Sauter *et al*, 1981; Muller y Dinter, 1988; Duchaine *et al*, 2000). La dispersión de los gérmenes y el polvo alcanza hasta 200 m. de la fuente bajo condiciones normales, sobre todo en espacios abiertos (Hilliger, 1991), aunque puede llegar a ser hasta de 500 m con un alto grado de contaminación, en la cual el riesgo de infecciones se incrementa (Muller y Dinter, 1988). En el RMG se sacrifican mensualmente en promedio 15 000 bovinos adultos y 24 000 cerdos, por lo que el movimiento y permanencia de estos animales, representan una constante fuente de contaminación del aire. Hay que tener en cuenta que solo observar la suciedad de los corrales o la nave de sacrificio tiene un pobre valor predictivo en relación a la calidad del aire (Duchaine *et al*, 2000).

En un rastro la transmisión de las bacterias ocurre por aerosoles o por grandes gotas y partículas orgánicas que son llevadas por el aire (Guyon, 2000; Allen *et al.*, 2003), y la dispersión de los microorganismos está influenciada en gran medida por la acción mecánica de la maquinaria (Allen *et al.*, 2003). En el

RMG, la desolladora, escaldadora, chamuscadora, pulidora e hidrolavadoras trabajan simultáneamente. Cuando las maquinas no están trabajando se reduce claramente la transmisión de las bacterias por el aire, los resultados muestran que el promedio de BMA con matanza en los tres días fue de 3.88 y sin matanza 3.68 (Cuadro 1), solo en miércoles hubo alta significancia ( $p < 0.01$ ) (Cuadro 2). Tanto en coliformes totales como fecales hubo diferencias altamente significativos en los tres días, al comparar los valores con y sin matanza (Cuadro 4 y 5).

No existe un parámetro de referencia en relación al límite aceptable de cargas bacterianas en el aire del interior de una nave de sacrificio, sin embargo, cuentas de  $3.03 \log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire son consideradas como contaminantes importantes para la canal en rastro (Rahkio y Kokeala, 1997). En relación a este valor, los resultados de este estudio reflejan un nivel de contaminación que puede ser considerado como elevado, ya que el promedio de los tres días de las cargas bacterianas con matanza osciló entre 4.2 y 3.6  $\log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire (con un valor mínimo de 3.2 y un máximo de 5.0). Sin matanza el rango promedio fue de 3.56 a 3.75 (con un valor mínimo de 2.8 y un máximo de 4.5) (Cuadro 1, gráficas 1 y 2). De acuerdo a lo reportado por Kotula y Emswiler-Rose (1988), el nivel de contaminación en un rastro puede variar entre 2.5 y 4.02  $\log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire.

De los diferentes lugares que se encuentran contaminados microbiológicamente por polvos orgánicos, las concentraciones de bacterias totales y Gram negativas son mayores en los lugares donde se encuentran los animales, sobre todo los cerdos e incluso en las plantas de procesamiento (Clark *et al.*, 1983).

Los cuadrantes 2, 4 y 6 en promedio de los tres días presentaron cargas bacterianas de  $3.6 \log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire, con matanza, las menores en toda la nave, a través de estos la corriente de aire hace que aumente la cuenta en los cuadrantes 8 y 10, igual influencia puede tener la corriente detectada en el cuadrante 9 (Anexo 2). El cuadrante N° 8, presentó en promedio de los tres días con matanza una cuenta total de  $4.1 \log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire, en esta zona se encuentra la chamuscadora de pelo y la evisceración de cerdos. En el cuadrante N° 10 se depositan los ganchos para cerdos y existe un extractor de aire, en él hacen ángulo las paredes, se encuentra al extremo de la sala de matanza, en esta zona se reporta una cuenta semejante al N° 8 (4.1) con matanza, pero también presentó el menor promedio (3.1) de los tres días sin matanza, lo que coincide con el hecho de que sin actividad laboral tiende a disminuir el número de bacterias viables presentes en el aire, al no haber obstáculos para el aire, este fluye libremente en la nave permitiendo que las cargas bacterianas tengan un mayor rango de dispersión (1.49 en miércoles) (Cuadro 2).

En el cuadrante N° 3, se encuentran insensibilización y desangrado de bovinos y posee una entrada-salida por la que hay tránsito de personas, en el mismo se detectaron tres corrientes de aire (Anexo 2), razón por la cual probablemente presentó en promedio de los tres días con matanza, la más alta

carga bacteriana de todos los cuadrantes ( $4.4 \log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire) al igual que en coliformes totales (2.34) y coliformes fecales (2.24).

El personal y sus prácticas son un factor determinante en la contaminación de las canales (Hudson *et al.* 1996; Rahkio, 1997). Esto último es un aspecto importante a considerar en el rastro municipal de Guadalajara, debido a que en la nave de sacrificio existe flujo indiscriminado de personal e incluso de personas ajenas al rastro, son estos individuos los que pueden causar problemas, ya que deambulan por toda la planta y con ello propician la contaminación de las diversas áreas, por medio de las botas (con excremento), manos y ropa. Estos contaminantes pueden pasar a formar parte de los bioaerosoles suspendidos en la nave, mismos que llegan a impactarse en los tejidos comestibles, el equipo y utensilios de trabajo (Buttner y Stetzenbach, 1993).

El cuadrante 2 con y sin matanza presentó los menores valores de coliformes totales y fecales (Cuadro 3). Sin matanza, los cuadrantes 7 y 6 son los más contaminados en promedio de los tres días con BMA (3.88 y 3.84  $\log_{10}$  UFC/m<sup>3</sup> de aire, respectivamente), estos son los cuadrantes centrales, probablemente debido a la inactividad se concentran en este punto los aerosoles. El 6 es el más contaminado en coliformes totales y fecales (Cuadro 3).

*E. coli* es el coliforme fecal más importante, la muerte de este patógeno es más rápida a 15-30° C a humedades relativas menores al 50% con vida media de 14 y 3 min. respectivamente, en condiciones más húmedas la vida media llega a 83 min. (Wathes *et al.* 1986). Como continuación del presente estudio, los análisis preliminares para la detección del patógeno indican que éste está presente en el aire, sin olvidar que en la materia orgánica puede permanecer viable por más tiempo y reproducirse al encontrar las condiciones óptimas.

*E. coli* 0157:H7 puede sobrevivir por semanas o meses en el medio ambiente de los corrales, lo cual puede permitir que el microorganismo sea transmitido a otros animales a través de alimento o agua contaminados, lo cual crea un ciclo de infección que permite que el patógeno sobreviva (Anónimo, 2002).

Las partículas presentes en el aire pueden volver a convertirse en aerosoles (reaerosolizarse) mucho más fácilmente a humedades relativas que no excedan el 35% en condiciones controladas (Qian *et al.*, 1997). El rango de humedad relativa registrada osciló entre 41.9 y 63 %, que asociada al rango de temperatura registrado (22.1 a 27.4 °C) (Cuadro 6) favorece la sobrevivencia y posible proliferación bacteriana, es conocido que la presencia de agua en un edificio está asociada con mayores cargas bacterianas y esto a su vez tiene algunos efectos adversos a la salud (Sebastian y Larsson, 2003).

El muestreo del aire debe complementarse con el muestreo de superficies, para poder reflejar adecuadamente el nivel de contaminación microbiana en ambientes cerrados (Buttner y Stetzenbach, 1993).

En estudios previos realizados en el mismo rastro en relación a la cuenta total en la superficie de canales después del lavado final, los recuentos en el 65% de bovinos oscilaron entre 4.0 y 4.9  $\log_{10}$  UFC/cm<sup>2</sup> y en canales de porcinos el 64% estuvo en ese mismo rango (Campos y Ramírez, 2000). Si bien, dichos valores están influenciados por diversos factores como las malas prácticas higiénicas en el proceso, también pueden verse afectados por la calidad bacteriológica del aire y ésta a su vez por el movimiento del personal entre áreas limpias y sucias (Rahkio y Kokeala, 1997)

El deterioro del sistema de ventilación, o la ausencia puede conducir a diversos problemas como una inapropiada calidad del aire debido a los contaminantes biológicos, inadecuada tasa de intercambio de aire, pobre capacidad de filtración y pérdida de control de los parámetros térmicos (Oliver y Shackleton, 1998). En el RMG, existen extractores de aire colocados cerca del techo, los cuales son encendidos durante la matanza, y no cuentan con sistema de filtración. En el techo hay una serie de ventanas a través de las cuales fluye libremente el aire, al igual que en las entradas-salidas, situación que contribuye al aumento de los aerosoles en el interior del edificio, los cuales disminuirían si el sistema de ventilación fuera eficiente (Bourbeau et al, 1996).

Ya se mencionó que la actividad humana resulta en una recuperación de concentraciones significativamente altas de bacterias en el aire, pero también es posible encontrar gran cantidad de esporas de hongos (Buttner y Stetzenbach, 1993). Los promedios de esporas fúngicas totales viables son menores dentro que fuera de un edificio (cuando las condiciones de humedad relativa son bajas). Los hongos que más prevalecen son: *Cladosporium*, *Aspergillus* y en menor frecuencia *Alternaria* (Graudenz et al, 2002). En condiciones de humedad como las que se presentan en este establecimiento, también se detectó la presencia de hongos, aunque por no ser parte de los objetivos, no se reportan.

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 (Eduard y Heederik, 1998; Monn y Koren, 1999; Sebastian y Larsson, 2003). La valoración del riesgo es difícil porque los límites de exposición ocupacional para microorganismos no ha sido establecida. Los métodos de cultivo probablemente no son satisfactorios porque los microorganismos no viables y otros compuestos también pueden causar efectos a la salud (Eduard y Heederik, 1998; Sebastian y Larsson, 2003).

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

rastrero 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.

Es difícil y caro controlar los niveles de contaminantes medioambientales en lugares cerrados (McNall, 1975) y más aún en lugares donde están presentes los animales y se obtienen sus productos (Hilliger, 1991; Guyon, 2000).

Los métodos más utilizados son: agua caliente, vapor o líquidos químicos tales como el cloro y los iodoformas, principalmente para superficies ya que las bacterias adheridas a estas son más resistentes a los agentes desinfectantes, que las bacterias al aire libre (Moore, 2000). La velocidad de reducción de las poblaciones bacterianas en el aire aumenta proporcionalmente con el incremento de la concentración de ozono (Anónimo, 2002), de 600 UFC/m<sup>3</sup> se reducen en 99% en 1 hora, cuando las condiciones de limpieza general son las adecuadas (Heindel *et al*, 1993; Moore, 2000).

Los microorganismos son ubicuos en el medio ambiente, incluyendo el aire en espacios cerrados, las cargas bacterianas elevadas en el aire de la sala de proceso, no indican por sí solas que el producto alimenticio sea potencialmente peligroso para quien lo consuma. Existe una falta de datos epidemiológicos para ligar claramente las enfermedades con el crecimiento de microorganismos en edificios húmedos (Sebastian y Larsson, 2003). Sin embargo, cuando se pretende conocer el patrón higiénico-sanitario de un rastro, este tipo de recuentos es indispensable (ICMSF, 1980).

#### Recomendaciones:

- 1.- Complementar el presente estudio con la determinación de niveles de esporas de hongos en el aire de la nave de sacrificio.
- 2.- Implementar en el rastro el sellado estándar de la planta
- 3.- Aplicar un programa de Buenas Prácticas de Manufactura, que permitiría reducir los factores que propician la contaminación del aire y en consecuencia, del producto.

## CONCLUSIONES

- 1.- Durante la matanza, los niveles de bacterias en el aire fueron mayores en la nave de sacrificio debido al aumento de los aerosoles que se forman durante la faena de los animales.
- 2.- La significativa presencia de coliformes fecales en el aire de toda la nave de sacrificio durante la matanza, señala la importancia de que los animales sean bañados y la apertura de estómagos sea realizada fuera del local.
- 3.- En promedio de los tres días, el cuadrante más contaminado con matanza fue el N° 3 y el menos contaminado fue el N° 11.
- 4.- El cuadrante mas contaminado sin matanza fue el N° 7 y el menos contaminado fue el N° 10 en promedio de los tres días.
- 5.- No existe correlación importante entre los parámetros estudiados, a excepción de la que presentan Coliformes Totales y Fecales ( $R^2=0.95$ ).
- 6.- Las cargas bacterianas en el aire estuvieron por encima de los niveles considerados como contaminantes para las canales, sin embargo, no existe legislación al respecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- 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.* Vol,44.N.4..567-576.
- 2.- American Public Health Association, 1992. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Carl Vanderzant and Don F. Splittstoesser (eds), Washington D.C. pp:51-835.
- 3.- Anónimo. 2002. Scientists Plan Multi Pronged Attack on *E.coli* 1057:H7. Dairy, Food and Environmental Sanitation. Vol,22.N.1.. 39-46
- 4.- Apter A, Bracker A, liodgson M.1994.Epidemiology of the sick building syndrome. *J Allergy Clin Immunol.* Vol,94. 327-334.
- 5.- 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.* Vol 51,N.2..199-205.
- 6.- Bourbeau J., Brisson C. and Allaire S. 1996. Prevalence of the sick building syndrome symptoms in office workers before and after being exposed to a building with an improved ventilation system. *Occup Environ Med.* Vol,53. 204-210.
- 7.- Buttner M.P. and Stetzenbach. 1993. Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling. *Appl Environment Microbiology.* Vol,59.N.1..219-226.
- 8.- Campos B.C.A. y Ramírez A.A. 2000. Carga Bacteriana en Canales Bovinas y Porcinas como indicador de las Condiciones Higiénico-Sanitarias en un rastro Municipal. *Scientia Cueba.* Vol,2.N.3.. 29-37.
- 9.- 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.* Vol, 67-N.1. 155-161.
- 10.- Clark S., Rylander R., and Larsson L. 1983. Airborne bacteria, endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. *Am Ind Hyg Assoc J.* Vol,44.N.7. 537-541.
- 11.-Donham, K.J., Pependorf. W., Palmgren. U. and Larsson. L. 1986. Characterization of dusts collected from swine confinement buildings. *Am. J. Ind. Med.* 10:294-297.
- 12.-Duchaine C., Grimard Y. and Cormier Y. 2000. Influence of building maintenance, environmental factors, and seasons on airborne contaminants of swine Confinement buildings.*AIHAJ.* Vol,61.N.1. 56-63.

- 13.- 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.* Vol,59.N.2. 113-127.
- 14.- Fernández E.E. *Microbiología e Inocuidad de los Alimentos.* Universidad Autónoma de Querétaro. 2000. P. 922.
- 15.- Forrest, D.M., and B. Gushulak.1997. Emerging Pathogens: threat and opportunity. *Perspect. Biol. Mead.* 40: 118-123.
- 16.- Galland J.C.1997. Risk and prevention of contamination of beef carcasses during the slaughter process in the United States of America, *Rev Sci Tech.* 16 (2): 396-404.
- 17.-Gilbert, H. 2002. Estrés ambiental: su impacto sobre los cerdos y su productividad. *Cerdos-Swine, Año 5, N, 62.* 30-31
- 18.- Gill, C.O., J.C. McGinnis., and J.Bryant. 1998. Microbial contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants, *Int J Food Microbiology.* 17(2):223-239.
- 19.- González Arana Enrique. 2003. Comunicación personal, Director del rastro municipal de Guadalajara.
- 20.- Gracey J. E.: *Higiene de la carne.* 8 edición. Interamericana-Mc.Graw-Hill. 1989. 209- 238.
- 21.- Graudenz G.S., Kalil J., Saldiva P.H., Gambale W. and Morato FF. 2002. Upper Respiratory Symptoms Associated With Aging of the Ventilation System in Artificially Ventilated Offices in Sao Paulo, Brazil. *Occupational and Environmental Lung Disease.* Vol,122.N.2. 729-735.
- 22.- Guyon R., Dorey F., 2000. Malas J. and Leclercq A. Hazard Analysis of *Escherichia coli* 0157:H7 Contaminación during Beef Slaughtering in Calvados, France. Vol, 64- N.9. 1341- 1345.
- 23.- Heindel T.H., Streib R. and Botzenhart K. 1993. Effect of ozone on airborne microorganisms. *Zentralbl Hyg Umweltmed.* Vol,194.N.5. 464-480.
- 24.- Hilliger H.G. Emissions of dust and microbes from animal housing. 1991. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* Vol,98.N.7. 257-261.
- 25.- Hudson W.R., G.C.Mead. and M.H.Hinton. 1996. Relevance of abattoir hygiene assessment to microbial contamination of British beef carcasses, *Vet Rec.* 139(24): 587-589.

- 26.- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente y Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Jalisco, 1996. Estudio de Mercado sobre el consumo de cárnicos en la zona metropolitana de Guadalajara. ITESO y SEDER. 1-49.
- 27.- International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Ecología Microbiana de los Alimentos, Vol.II Productos. Alimenticios. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza. 1980:333-409.
- 28.- Instruction Manual. Sas Super 100, Pbi international. Microbiological monitoring of the environment. 2002.
- 29.- Jay, M. J. Microbiología moderna de los alimentos. Acribia, España.1994: 20-495.
- 30.- Jennings H.R., Lynn K.R. Sources and control of air pollution. Prentice Hall Upper Saddle River. USA.1999. 695.
- 31.- Jericho, K.W.F., Ho, J. and Kosub, G.C. 2000. Aerobiology of high-line speed cattle abattoir. 63 (11): 1523-1528.
- 32.- Kiraa, H., J. F. Arthand, and J. Fournand. 1985. Contamination and bacterial retention capacity of carcasses at the abattoir. J. Appl. Bacteriol. 59: 23-28.
- 33.- Kotula, A.W. and Emswiler-Rose, B.S. 1988. Airborne microorganisms in a pork processing establishment .J.Food Prot. 51:935-937
- 34.- Lasta, J.A., R. Rodríguez., M.Zanelli. and C.A. Margaría. 1992. Bacterial count from bovine carcasses as an indicator of hygiene at slaughtering places: A proposal for sampling, Journal of Food Protection. 55(4):271-278.
- 35.- Ledford DK. 1994. Indoor allergens. J Allergy Clin Immunol. Vol,94. 327-334.
- 36.- McNall Re Jr. 1975. Practical methods of reducing airborne contaminants in interior spaces. Arch Environ Health. Vol,30.N.11. 552-558.
- 37.- Mendell M.J. and Smith All. 1990. Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned office buildings: a reanalysis of epidemiologic studies. Am J Public Health. Vol,80. 1193-1199.
- 38.- Monn C. and Koren H.S. 1999. Bioaerosol in ambient air particulates: a review and research needs. Rev Environ Health. Vol 14,N.2. 79-89.
- 39.- Moore, G., Griffith C. and Peters A. 2000. Bactericidal Properties of Ozone and Its Potential Application as a Terminal Disinfectant. Journal of protection. Vol, 63- N.8. 1100-1106.

- 40.- Muller W. and Dinter P.S. 1988. The survival ability of pasteurilla in the environment with special reference to the airborne situation. Tierarztl Prax Suppl. N.3. 16-20.
- 41.- Novak S.J. and Yuan C.J. 2003 Viability of *Clostridium perfringes*, *Escherichia coli*, and *Listeria monocitogenes* Surviving Mild Heat or Aqueous Ozono Treatment on Beef Followed by Heat, Alkali, or Salt Stress. Journal of Food Protection.Vol, 66-N3. 382-389.
- 42.- Oliver L.C. and Shackleton B.W. 1998. The indoor air we breathe. Public liealth Rep Vol,113. 398-409.
- 43.- Pickrell J. 1991. Hazards in confinement housing- gases and dusts in confined animal houses for swine, Poultry, horses and humans. Vet Hum Toxicol. Vol,33.N.1. 32-39.
- 44.- Qian Y, Willeke K, Grinshpun S.A. and Donnelly J. 1997. Performance of N95 respirators: reaerosolization of bacteria and solid particles. Am Ind Hyg Assoc J. Vol,58.N.12. 876-880.
- 45.- Rahkio T.M. and Korkeala H.J. 1997. Airborne bacteria and carcass contamination in slaughterhouses. J Food Prot. 60(1):38-42.
- 46.- Refai, M.K.: Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4 análisis microbiológico. 3-8. (1981).
- 47.- Sauter E.A., Petersen C.F., Steele E.E., Parkinson J.F., Dixon J.E. and Stroh R.C.1981.The airborne microflora of poultry houses. Poult Sci. Vol,60.N.3. 569-574.
- 48.- Sebastian A. and Larsson L. 2003. Characterization of the Microbial Community in Indoor Environments: a Chemical-Analytical Approach. Applied and Environmental Microbiology. Vol,69.N.6. 3103-3109.
- 49.- Siragusa G.R., Dorsa W.J., Cutter 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.
- 50.- Statgraphics plus 4.0 1999. Statistical Graphics corp.
- 51.- Teufel P.1987. Prevention of microbial contamination of red meat in the ante mortem phase: factor related to animal husbandry, p.79-94. In F.J.M. Smulders (ed), Elimination of pathogenic organisms from meat and poultry. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

52.- Wathes C.M., Howard K. and Webster A.J. 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.* Vol,97.N.3. 489-496.

53.-Wilson, S.C. 2002. Airbone Microbial Flora in a cattle Feedlot. *Enviromental Microbiology.* Vol,68 -N.7. 3238-3241.

54.- Zuker S, Trojan and W. Muller. 2000. Airborne Gram-Negative Bacterial Flora in Animal Houses. *Journal of Veterinary Medicine.*Vol,47.N.1. 37-46

## **ANEXO I**

### **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 tránsito 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 él 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:** 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 él 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 II

### Dirección y velocidad del viento

Los datos obtenidos en el IAM, corresponden a la zona donde se encuentra ubicado el Rastro Municipal de Guadalajara. En la siguiente tabla se muestran la dirección y velocidad del viento registrados durante los días en que se realizó el presente estudio.

MUESTREOS		DIRECCION	VELOCIDAD
Lunes	Con matanza	83 <sup>0</sup> ENE - E	3.9m/s <sup>2</sup>
	Sin matanza	281 <sup>0</sup> O - ONO	3.8m/s <sup>2</sup>
Miércoles	Con matanza	95 <sup>0</sup> E - ESE	6.6 m/s <sup>2</sup>
	Sin matanza	39 <sup>0</sup> NNE - NE	2.8m/s <sup>2</sup>
Viernes	Con matanza	178 <sup>0</sup> SSE - S	2.5 m/s <sup>2</sup>
	Sin matanza	232 <sup>0</sup> SO - OSO	1.6 m/s <sup>2</sup>

NNE = NorNorEste

NE= NorEste

ENE= EsteNorEste

E = Este

ESE= EsteSurEste

SSE= SurSurEste

SO= SurOeste

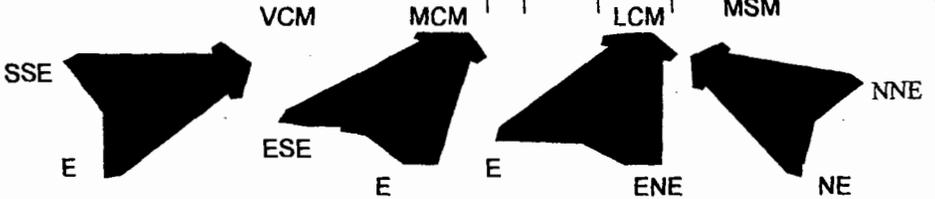
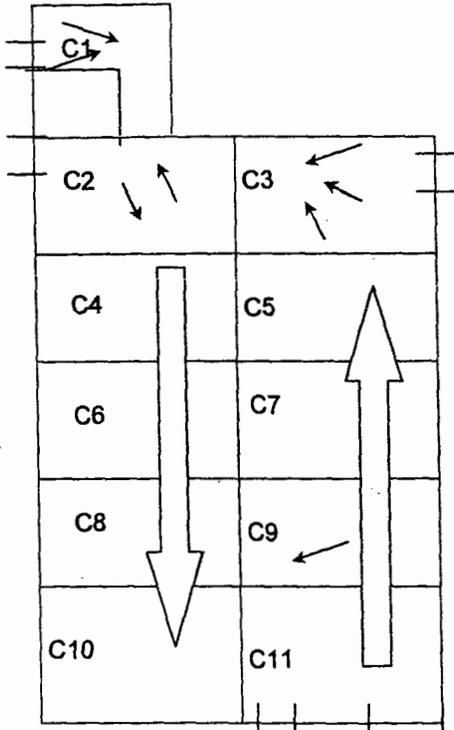
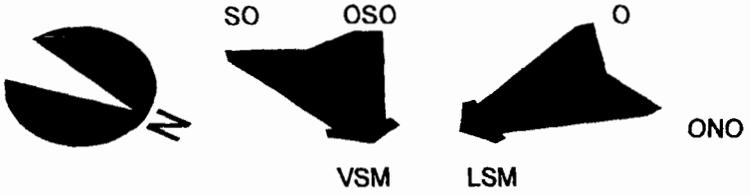
OSO= OesteSurOeste

O= Oeste

ONO= OesteNorOeste

La dirección del viento en el interior de la nave de sacrificio mostró que en los cuadrantes cercanos a las entradas y salidas existen corrientes de aire.

Dirección del viento fuera y dentro de la nave de sacrificio.



LCM = Lunes Con Matanza    MCM = Miércoles Con Matanza    VCM = Viernes Con Matanza  
 LSM = Lunes Sin Matanza    MSM = Miércoles Sin Matanza    VSM = Viernes Sin Matanza

## ANEXO III

### BMA

Al grupo de BMA pertenece una amplia variedad de microorganismos, con gran capacidad para proliferar entre 20 a 37°C y con actividades fisiológicas diversas como: cromógenos, proteolíticos, fermentativos, saprófitos, y patógenos, etc., entre otros ejemplos. La presencia de BMA en algún alimento como la carne puede indicar las condiciones higiénicas en que ha sido manipulado este producto. Lo anterior, potencialmente puede significar un riesgo importante para la salud de quien lo consuma, debido a que la carne puede ser transmisor de enfermedades gastrointestinales de gran importancia como: fiebre tifoidea, paratifoidea, etc.

### COLIFORMES

En este grupo se encuentran los géneros de la familia *Enterobacteriaceae* que fermentan fácilmente la lactosa: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*. Aunque géneros como *Salmonella*, *Proteus*, *Arizona*, *Pectobacterium*, *Providencia*, *Serratia*, y *Aeromonas* llegan a fermentar la lactosa con liberación de gas. La presencia de coliformes en el aire de la nave de sacrificio indica que existe un deficiente manejo sanitario sobretodo por la presencia de coliformes fecales, indicadores de la existencia de materia fecal, durante el proceso de matanza. El coliforme más importante en la actualidad es *Escherichia coli* 0157:H7, que provoca diarrea sangrienta, calambres abdominales, y poco o nada de fiebre (Fernández,2000).