



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON OPCIONES A AGRONÓMICAS,  
VETERINARIAS**

TESIS:

**EFFECTO DE LA INMUNOGLOBULINA DE YEMA DE HUEVO (IgY) DE  
GALLINAS HIPERINMUNIZADAS CONTRA *Salmonella* Y *Escherichia coli*,  
SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD INTESTINAL DE  
LECHONES EN ETAPAS DE LACTANCIA Y POST DESTETE**

***QUE PRESENTA***

**MVZ. MARÍA MAGDALENA SOTO PEREZCHICA  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**TUTOR**

**DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTÁN**

**COMITÉ TUTORAL**

**DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES**

**DR. CARLOS URBAN HAUBI SEGURA**

*Jesús María, Ags., 5 de enero de 2021*

**DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**PRESENTE**

Por medio del presente como Tutor designado de la estudiante **MARIA MAGDALENA SOTO PEREZCHICA** con ID 40626, quien realizó la tesis titulada: **EFFECTO DE LA INMUNOGLOBULINA DE YEMA DE HUEVO (IgY) DE GALLINAS HIPERINMUNIZADAS CONTRA *Salmonella* Y *Escherichia coli*, SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD INTESTINAL DE LECHONES EN ETAPAS DE LACTANCIA Y POST DESTETE**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le envié cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"Se Lumen Proferre"**  
**Aguascalientes, Ags., a 17 de diciembre de 2020.**



**DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTÁN**  
Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16  
Actualización: 00  
Emisión: 17/05/19.

**DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**PRESENTE**

Por medio del presente como Miembro del Comité Tutorial designado de la estudiante **MARIA MAGDALENA SOTO PEREZCHICA** con ID 40626, quien realizó la tesis titulada: **EFFECTO DE LA INMUNOGLOBULINA DE YEMA DE HUEVO (IgY) DE GALLINAS HIPERINMUNIZADAS CONTRA *Salmonella* Y *Escherichia coli*, SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD INTESTINAL DE LECHONES EN ETAPAS DE LACTANCIA Y POST DESTETE**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le envié cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"Se Lumen Proferre"**  
**Aguascalientes, Ags., a 17 de diciembre de 2020.**



**DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES**  
Integrante del Comité Tutorial de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16  
Actualización: 00  
Emisión: 17/05/19.

**DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**  
**DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**PRESENTE**

Por medio del presente como Miembro del Comité Tutorial designado de la estudiante **MARIA MAGDALENA SOTO PEREZCHICA** con ID 40626, quien realizó la tesis titulada: **EFFECTO DE LA INMUNOGLOBULINA DE YEMA DE HUEVO (IgY) DE GALLINAS HIPERINMUNIZADAS CONTRA *Salmonella* Y *Escherichia coli*, SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD INTESTINAL DE LECHONES EN ETAPAS DE LACTANCIA Y POST DESTETE**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, le envié cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"Se Lumen Proferre"**  
**Aguascalientes, Ags., a 17 de diciembre de 2020.**



**DR. CARLOS URBAN HAUBI SEGURA**  
Integrante del Comité Tutorial de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

Elaborado por: Depto. Apoyo al Posgrado.  
Revisado por: Depto. Control Escolar/Depto. Gestión de Calidad.  
Aprobado por: Depto. Control Escolar/ Depto. Apoyo al Posgrado.

Código: DO-SEE-FO-16  
Actualización: 00  
Emisión: 17/05/19.



## DICTAMEN DE LIBERACION ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRAMITES DEL EXAMEN DE GRADO



Fecha de dictaminación (dd/mm/aaaa): 01/11/21

**NOMBRE:** María Magdalena Soto Pereschoa **ID:** 40626

**PROGRAMA:** Maestría en Ciencias Agrónomas y Veterinarias **IGAC (en programa):** Producción y Salud Animal

**TIPO DE TRABAJO:**  Tesis  Trabajo Práctico

**TÍTULO:** EFFECTO DE LA INMUNOLOGORINA DE YEMA DE HUEVO (EYH) DE GALINAS HIPERSUMINIZADAS CONTRA Salmonella Y Escherichia coli, SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SALUD INTestinal DE LECHONES EN ETAPAS DE LACTANCIA Y POST DESTETE

**IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado):** Generación de conocimientos acerca de la EYH como tratamiento alternativo al uso de los antibióticos en la producción porcina.

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i>				
SI				El trabajo es congruente con los IGAC del programa de posgrado
SI				La metodología fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI				Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI				Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI				Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI				El trabajo demuestra más de una aplicación original al conocimiento de su área
SI				Las aplicaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI				Demuestra relevancia del conocimiento o tecnología
SI				Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>				
SI				Cumple con lo establecido por el Reglamento General de Estudios
SI				Cumple con los requisitos reflejados en el plan de estudios (credos curriculares, estatutos, artículos complementarios, etnia, profesional, etc)
SI				Cuenta con los valores académicos del nivel futuro, en caso de los posgrados profesionales se tiene suficiente dominio del idioma
NA				Cuenta con la carta de su institución del trabajo
SI				Cumple con el título y ubicación egresado
SI				Tiene congruencia con sus datos académicos
SI				Tiene el CVU del Consejo actualizado
NA				Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que presente)
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados:</i>				
				Aceptación o publicación de los artículos según el nivel del programa
				El estudiante es el primer autor
				El número de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
				En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación
				Los artículos integran los resultados de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
				La institución o publicación de los artículos es revista indexada de alto impacto

Con base en estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado: SI  No

### FIRMAS

**Elaboró:**  
 \* NOMBRE Y FIRMA DEL CONDOCERO SEGÚN LA USAG DE ADOSCRIPCIÓN: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO: Antonio Sánchez Rodríguez Jiménez  
 \* Encaso de cambio de persona, deberá un escrito notario del NAB de la UAQ correspondiente dentro el plazo establecido del comité de tesis, al gusto del Titular.  
**Revisó:**  
 NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO: Antonio Sánchez Rodríguez Jiménez  
**Autorizó:**  
 NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO: \_\_\_\_\_  
**Nota: procede al trámite para el Depsito de Acta de Posgrado**  
 De conformidad con el Art. 120C del Reglamento General de Estudios que a la vez establece los Normativos del Consejo Académico... El Titular o Titulara del programa de posgrado y el Art. 107 del Reglamento del Secretario Técnico, de acuerdo a lo establecido en los cuadros.

## AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna, me es fácil mencionar a cada una de las personas a las cuales agradezco su apoyo y confianza, pues no es fácil olvidar a quienes siempre estuvieron al pendiente de mi crecimiento profesional y personal.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Aguascalientes, por su apoyo financiero PIP/SA20-1, a CONACYT por la beca otorgada, a la unidad pecuaria de mi hermosa Posta Zootécnica y a su personal, al rancho PROCER GENETICS y las NUBES, pues sin su apoyo me habría sido imposible realizar mi proyecto de investigación.

Agradezco infinitamente al Dr. Teódulo Quezada Tristán por siempre confiar en mi trabajo, por apoyarme en todo momento y por encontrar siempre las palabras precisas para alentarme. De igual manera agradezco a mi comité tutorial por estar al pendiente de mi formación, al Dr. Arturo Gerardo Valdivia Flores, al Dr. Carlos Urban Haubi Segura y a la Dra. Leticia Esperanza Medina Esparza.

Agradezco al personal y compañeros de los laboratorios del edificio 5, Jeymi, Karla, Lizbeth, Erika, Fernanda y Leticia, gracias por sus palabras de aliento cuando sentía que el cansancio ya era agotador.

Sobre todo, agradezco a mi familia, a mi mamá y mis hermanos que siempre han creído en mí. A mi esposo que sin duda alguna es el que se lleva mi más grande agradecimiento, por cuidar a nuestros hijos, por su apoyo económico y emocional, por estar siempre a mi lado.

Gracias infinitas a todos ustedes.

**DEDICATORIAS**

Mi esfuerzo, trabajo, dedicación horas de sueño, las dedico a una persona que ya no está conmigo, a mi Cheche, hasta donde te encuentres, espero que estés orgulloso de mí.



**ÍNDICE GENERAL**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>X</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>XI</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>1</b>
1.1. SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PORCINA MUNDIAL .....	1
1.2. SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PORCINA EN MÉXICO Y AGUASCALIENTES .....	1
1.3. CONSUMO PER CÁPITA, COMERCIO MUNDIAL Y NACIONAL .....	2
1.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA .....	4
1.5. ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN PORCINA .....	4
1.5.1. <i>Lactancia</i> .....	5
1.5.2. <i>Destete</i> .....	5
1.5.3. <i>Crecimiento y engorda</i> .....	5
1.6. ALIMENTACIÓN POR ETAPAS DE PRODUCCIÓN.....	6
1.6.1. <i>Alimentación en etapa de lactancia</i> .....	6
1.6.2. <i>Alimentación en etapa de destete</i> .....	7
1.6.3. <i>Alimentación en etapa de crecimiento y engorda</i> .....	8
1.6.4. <i>Requerimientos de agua en la alimentación de cerdos</i> .....	9
1.7. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN CERDOS.....	9
1.8. SALUD INTESTINAL Y ENFERMEDADES POR ETAPA DE PRODUCCIÓN .....	12
1.8.1. <i>Enfermedades en lactancia</i> .....	14
1.8.2. <i>Enfermedades en destete</i> .....	15
1.8.3. <i>Enfermedades en desarrollo y engorda</i> .....	16
1.8.4. <i>El estrés: factor que influye en la salud del ganado porcino</i> .....	17



1.9.	SISTEMA INMUNITARIO DEL LECHÓN .....	19
1.9.1.	<i>Inmunidad humoral</i> .....	19
1.9.2.	<i>Inmunidad celular</i> .....	21
1.9.3.	<i>Inmunidad frente a infecciones intestinales</i> .....	22
1.10.	TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DE LAS ENFERMEDADES DIARREICAS EN CERDOS .....	23
1.10.1.	<i>Antibióticos y promotores del crecimiento</i> .....	23
1.11.	TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS AL USO DE ANTIBIÓTICOS EN CERDOS .....	24
1.11.1.	<i>Acidificantes</i> .....	25
1.11.2.	<i>Minerales</i> .....	25
1.11.3.	<i>Probióticos</i> .....	26
1.12.	TECNOLOGÍA IgY .....	27
1.12.1.	<i>Sistema inmunitario de las gallinas</i> .....	27
1.12.2.	<i>Antecedentes de la IgY</i> .....	27
1.12.3.	<i>Características de la IgY</i> .....	28
1.12.4.	<i>Modos de acción</i> .....	29
1.12.5.	<i>Estabilidad de la IgY</i> .....	29
1.12.6.	<i>Ventajas de la IgY</i> .....	30
1.12.7.	<i>Producción de IgY</i> .....	31
1.12.8.	<i>Extracción y conservación de la IgY</i> .....	32
1.12.9.	<i>Uso de la IgY en la producción porcina</i> .....	32
<b>2.</b>	<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	<b>34</b>
2.1.	HIPÓTESIS .....	34
2.2.	OBJETIVOS .....	34
2.2.1.	<i>Objetivo general</i> .....	34
2.2.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	34
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1.	UBICACIÓN DEL ESTUDIO .....	35
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPLOTACIONES .....	36
3.3.	MATERIAL BIOLÓGICO .....	36
3.3.1.	<i>Gallinas</i> .....	36
3.3.2.	<i>Cerdas</i> .....	36
3.3.3.	<i>Lechones</i> .....	36
3.4.	MANEJO DE LAS GALLINAS Y HUEVO .....	36
3.4.1.	<i>Extracción y purificación de la IgY de la yema de huevo</i> .....	37
3.4.2.	<i>Cuantificación de la IgY</i> .....	37
3.4.3.	<i>Preparación de dosis de IgY</i> .....	38
3.5.	MANEJO DE LA CERDAS AL PARTO .....	38
3.6.	MANEJO DEL LECHÓN .....	39
3.6.1.	<i>Evaluación de parámetros productivos</i> .....	40

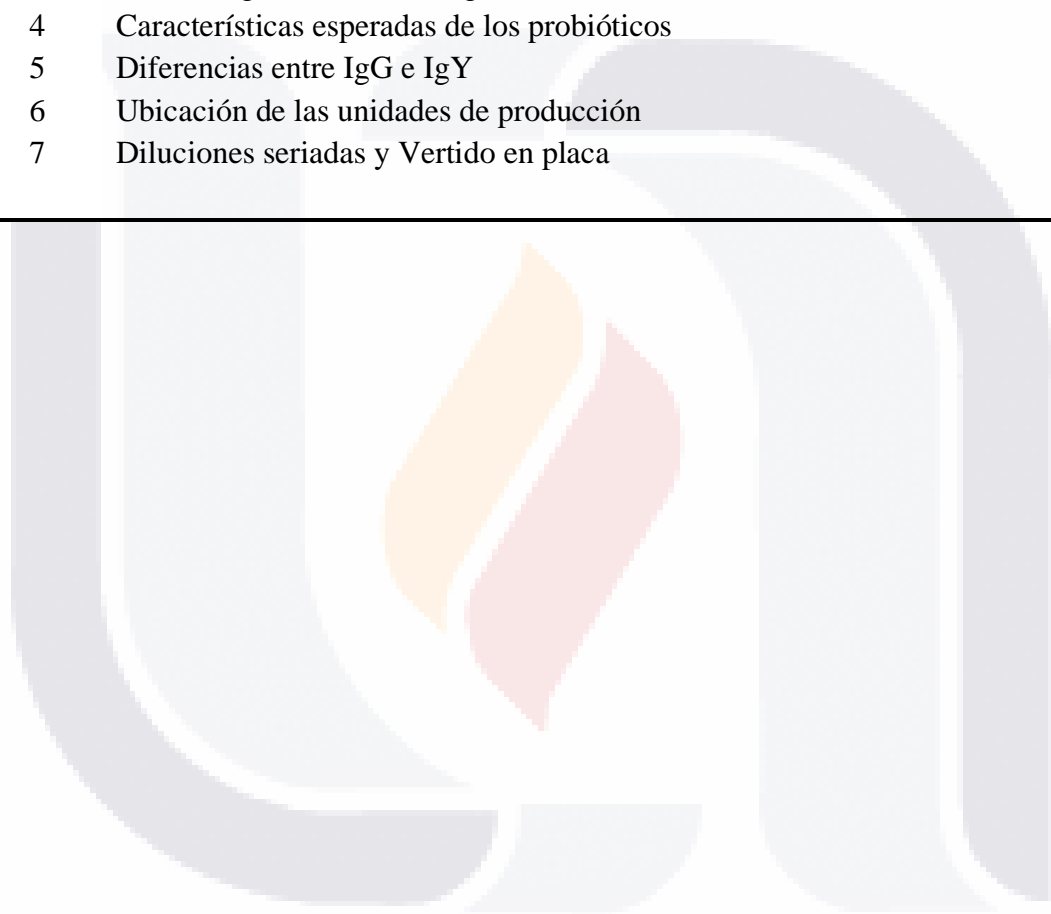
3.6.1.1.	Peso inicial (PI).....	40
3.6.1.2.	Ganancia Diaria de Peso (GDP).....	40
3.6.1.3.	Consumo de Materia Seca (CMS).....	40
3.6.1.4.	Conversión Alimenticia (CA).....	40
3.6.1.5.	Porcentaje de presencia de diarreas.....	40
3.6.1.6.	Mortalidad.....	41
3.6.2.	<i>Evaluación de heces en laboratorio</i> .....	41
3.6.2.1.	Determinación de las UFC/g de heces.....	41
3.6.2.2.	Aislamientos bacterianos.....	42
3.6.2.3.	Pruebas bioquímicas.....	42
3.7.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	44
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
4.1.	PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	45
4.1.1.	<i>Peso al nacimiento</i> .....	45
4.1.2.	<i>Ganancia Diaria de Peso (GDP)</i> .....	45
4.1.3.	<i>Consumo de Materia Seca (CMS)</i> .....	48
4.1.4.	<i>Conversión Alimenticia (CA)</i> .....	48
4.1.5.	<i>Porcentaje de presencia de diarreas</i> .....	49
4.1.6.	<i>Mortalidad</i> .....	51
4.2.	EVALUACIÓN DE HECES EN LABORATORIO.....	51
4.2.1.	<i>Determinación de UFC/g de heces</i> .....	51
4.2.2.	<i>Aislamiento bacteriano y pruebas bioquímicas</i> .....	52
4.3.	EVALUACIÓN DEL COSTO BENEFICIO DEL USO DE LA IGY.....	53
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>55</b>
5.1.	PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....	55
5.1.1.	<i>Peso al nacimiento</i> .....	55
5.1.2.	<i>Ganancia diaria de peso (GDP)</i> .....	55
5.1.3.	<i>Conversión Alimenticia (CA)</i> .....	56
5.1.4.	<i>Porcentaje de presencia de diarreas y Mortalidad</i> .....	56
5.2.	EVALUACIÓN DE HECES EN LABORATORIO.....	57
5.2.1.	<i>Determinación de UFC/g de heces</i> .....	57
5.2.2.	<i>Aislamiento bacteriano</i> .....	58
5.3.	EVALUACIÓN DEL COSTO BENEFICIO DEL USO DE LA IGY.....	59
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Produccion Porcina Nacional, 2017	2
2	Composición del calostro, leche transitoria y leche madura en cerdos.	6
3	Requerimientos de energía y alimentación de las cerdas lactantes según el peso corporal y aumento de peso de la camada	7
4	Clasificación de dietas en etapa de destete	8
5	Manejo de alimentación en las áreas de engorda	8
6	Consumo de agua por etapa en cerdos	9
7	Parámetros productivos y reproductivos de referencia para granjas porcinas de ciclo completo	10
8	Patologías digestivas porcinas potenciadas en los cuadros de enteritis	13
9	Abundancia relativa de las cinco clases y géneros predominantes durante cada periodo de desarrollo del lechón	15
10	Contenido de inmunoglobulinas en calostro y leche madura en cerdas	20
11	Niveles séricos de inmunoglobulinas en lechones	21
12	Distribución porcentual de los tipos de células en calostro y leche	22
13	Comparación de IgG de mamíferos e IgY aviar	30
14	Efecto del anticuerpo de yema de huevo, el óxido de zinc, el ácido fumárico y el antibiótico sobre el rendimiento	30
15	Características de las granjas donde se realizó la etapa experimental del estudio de investigación	36
16	Distribución de tratamientos	43
17	Consumo de Materia Seca (CMS) en etapa de Post destete	48
18	Identificación bacteriana en medios EMB y XLD	53
19	Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión Alimenticia (CA) y costos del proyecto	54

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Impacto de la transición del destete en la microbiota intestinal del lechón y la expansión de agentes infecciosos	18
2	Mecanismo de transferencia de inmunidad celular (calostro) y humoral (calostro y leche)	20
3	Inmunología del sistema digestivo	23
4	Características esperadas de los probióticos	26
5	Diferencias entre IgG e IgY	29
6	Ubicación de las unidades de producción	35
7	Diluciones seriadas y Vertido en placa	56



**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>Figura No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Producción nacional de carne de cerdo, bovino y pollo 2010-2017	3
2	Producción nacional porcina 2008-2017	3
3	Mortalidad por etapa de producción en Latinoamérica 2011-2014	11
4	Curva de calibración	38
5	Peso al nacimiento en lechones	45
6	Ganancia diaria de peso (GDP) en lechones de 15 y 30 días de edad	46
7	Ganancia diaria de peso (GDP) en lechones de 45 y 60 días de edad	46
8	Ganancia de peso total (GPT) de lechones en post destete	47
9	Curva de crecimiento comparativo	48
10	Conversión alimenticia (CA) de lechones en post destete	49
11	Morbilidad de diarrea de lechones en lactancia y post destete	50
12	Clasificación de diarrea de lechones en post destete	50
13	Cuantificación de Unidades Formadoras de colonias (UFC) por gramo de heces	52

ACRÓNIMOS

%	Por ciento	IgY	Inmunoglobulina Y
°	Grado	kcal	Kilocalorías
° C	Grado centígrado	kDa	Kilo Dalton
>	Mayor que	kJ	Kilojulio
<	Menor que	kg	Kilogramo
≤	Menos o igual que	LIA	Lisina y Hierro
±	Más-menos	LSD	Diferencia Mínima Significativa
$\bar{x}$	Media	m	Metro
Ac	Anticuerpo	Mcal	Mega calorías
Ac's	Anticuerpos	mg	Miligramos
ANDEVA	Análisis de Varianza	MIO	Movilidad, Motilidad y Ornitina
ASB	Albumina Sérica Bovina	mL	Mililitros
CA	Conversión Alimenticia	mm	Milímetro
Ca	Calcio	NK	Células Natural Killer
CMS	Consumo de Materia Seca	PD	Proteína Digestible
Cu	Cobre	PED	Diarrea Epidémica Porcina
d	Día	pH	Potencial de Hidrógeno
EM	Energía Metabolizable	PMN	Polimorfonucleares
EMB	Eosina y Azul de Metileno	SAS	Statistical Analysis System
ETEC	<i>Escherichia coli</i> <i>enterotoxigénica</i>	SIM	Ácido sulfúrico, Indol y motilidad
g	Gramos	TGI	Tracto gastrointestinal
GDP	Ganancia Diaria de Peso	TSI	Triple azúcar y Hierro
GTC	Gastroenteritis Trasmisible del cerdo	UFC	Unidades Formadoras de colonias
Ig	Inmunoglobulina	XLD	Xilosa Lisina y Desoxicolato
IgA	Inmunoglobulina A		
IgM	Inmunoglobulina M		
IgG	Inmunoglobulina G		

## RESUMEN

Los manejos acelerados, que conllevan al estrés en los lechones al destete, causan un desequilibrio en la microbiota intestinal y hace que los lechones sean susceptibles a contraer infecciones de tipo diarreicas (Gresse y col., 2017). El uso indiscriminado de los antibióticos ha permitido que los microorganismos generen resistencia, por lo que se han buscado varias alternativas que permitan suplir el uso de antibióticos (Xu y col., 2011; Li y col., 2015). Una de las alternativas es el uso de la Inmunoglobulina (IgY), presente en la yema de huevo de las aves (Liu y col., 2018). El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar, con mediciones repetidas, con tratamiento de 0, 5 y 10 mg tanto de IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada. Se seleccionaron 45 lechones, machos y hembras, cruce Landrace-York Pietrain-Duroc, recién nacidos con un peso promedio de  $1.911 \pm 0.290$ . Se distribuyeron al azar en cinco tratamientos y nueve repeticiones en cada uno. Las dosis de IgY fueron administradas al día 0 y posteriormente cada tercer día, finalizando al día 60. Se determinaron parámetros productivos como Peso Inicial (PI), Ganancia Diaria de Peso (GDP); cada cinco días hasta el día 60, Promedio de Ganancia de Peso Total (GPT), Consumo de Materia Seca (CMS) y Conversión Alimenticia (CA) de los 30, 45 y 60 días; % de presencia de diarreas y % de mortalidad. Se realizó la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en medio para cuantificación estándar, medio Xilosa, Lisina y Desoxicolato (XLD) y Eosina y Azul de Metileno (EMB). Se realizó identificación y aislamiento de las diferentes colonias y pruebas bioquímicas para identificación bacteriana. Resultados: No se encontraron diferencias significativas en el peso al nacimiento, existieron diferencias significativas en las GDP en el día 30 y 45 ( $p < 0.05$ ) pero no en el IC y GPT. La presencia de diarreas en el lechones control tuvo una mayor persistencia (6 días) con un porcentaje del 55.55%. El porcentaje de mortalidad fue del 0% para todos los tratamientos. En la cuantificación de UFC se encontraron diferencias significativa en el día 30 en medio EMB y XLD ( $p < 0.05$ ). Conclusión: La administración de IgY mejora algunos parámetros productivos y reduce la carga bacteriana en heces de lechones en etapa de destete.

Palabras clave: IgY, Hiperinmunizadas, Lechón, parámetros, UFC

## ABSTRACT

Accelerated handling that leads to stress in piglets at weaning causes an imbalance in the intestinal microbiota and makes piglets susceptible to contracting diarrheal-type infections (Gresse et al., 2017). The indiscriminate use of antibiotics has allowed microorganisms to generate resistance, which is why several alternatives have been sought to replace the use of antibiotics (Xu et al., 2011; Li et al., 2015). One of the alternatives is the use of Immunoglobulin (IgY), present in the yolk of birds. (Liu et al., 2018). The study was carried out under a completely randomized experimental design, with repeated measurements, with treatment of 0, 5 and 10 mg of both hyperimmunized and non-hyperimmunized IgY. 45 male and female piglets were selected, Landrace-York Pietrain-Duroc crosses, newborns with an average weight of  $1,911 \pm 0.290$ . They were distributed at random in five treatments and nine repetitions in each one. The IgY doses were administered on day 0 and subsequently every third day, ending on day 60. Productive parameters such as Initial Weight (IW), Daily Weight Gain (DWG); every five days until day 60, Average Total Weight Gain (TWG), Dry Matter Intake (DMI) and Food conversion (FC) of the 30, 45 and 60 days; % presence of diarrhea and % mortality. The quantification of Colony Forming Units (CFU) was carried out in medium for standard quantification, Xylose medium, Lysine and Deoxycholate (XLD) and Eosin and Methylene Blue (EMB). Identification and isolation of the different colonies and biochemical tests for bacterial identification were carried out. Results: No significant differences were found in birth weight, there were significant differences in DWG on day 30 and 45 ( $p < 0.05$ ) but not in IC and GPT. The presence of diarrhea in the control piglets had a greater persistence (6 days) with a percentage of 55.55%. The mortality percentage was 0% for all treatments. In the quantification of CFU, significant differences were found on day 30 between EMB and XLD medium ( $p < 0.05$ ). Conclusion: The administration of IgY improves some productive parameters and reduces the bacterial load in feces of piglets in the weaning stage.

Keywords: IgY, Hyperimmunized, Piglet, parameters, CFU.



## INTRODUCCIÓN

La producción de carne de cerdo a nivel internacional como nacional, se ha visto en la necesidad de aumentar y acelerar sus procesos debido a la creciente demanda de los productos obtenidos de esta especie (FIRA, 2016; FAO, 2017). Para lograr esta producción acelerada, las granjas generalmente tecnificadas, realizan destetes cada vez más tempranos, lo que aumenta el estrés en los animales contribuyendo a que se pierda la simbiosis con la microbiota, permitiendo que los microorganismos que se encuentran en el ambiente ataquen al lechón por la inmadurez del sistema digestivo e inmunológico (Reiz de Souza y col., 2013).

La diarrea en lactancia y destete es la principal enfermedad presente en los lechones en estas etapas de producción, lo que provoca un alta mortalidad y morbilidad, siendo *Escherichia coli* y *Salmonella* los microorganismos más encontrados en heces diarreicas. Para los animales que logran sobrevivir, esto conlleva a una disminución del consumo de alimento, y por lo tanto bajas en las conversiones alimenticias, así como bajas en las ganancias de peso; generando grandes pérdidas económicas en las explotaciones porcinas. (Gresse y col., 2017; Bencomo, Hurtado y Mejía, 2010; Fairbrother, Nadeau y Gyles, 2005).

Por años se ha utilizado a los antibióticos como promotores de crecimiento y como uso terapéutico contra los agentes infecciosos que atacan al cerdo, pero el uso excesivo ha llevado a provocar resistencias bacterianas (Diana y col., 2019), por lo que ya desde hace algunos años se han buscado nuevas alternativas que puedan ser viables y que ayuden a los antibióticos y promotores de crecimiento a contrarrestar el problema de resistencia antimicrobiana, y hasta ahora se siguen estudiando debido a la inconsistencia de los resultados. Se ha sugerido el posible uso preventivo y terapéutico de la inmunoglobulina Y (IgY) presente en la yema de huevo de las aves, en base a la capacidad inmunológica pasiva que estas inmunoglobulinas han probado ser en varios estudios en diferentes especies incluyendo a la porcina (Diraviyam y col., 2014).

Por lo anterior, se plantea el objetivo de este estudio, que es evaluar el efecto de la adición de la IgY de gallinas hiperinmunizadas, sobre los parámetros productivos y salud intestinal de lechones en etapas de lactancia e iniciación.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México, ante su incapacidad por cubrir el requiriendo de carne para consumo, se ha visto en la necesidad de importar carne de cerdo, lo que eleva el precio en el mercado. Uno de los principales problemas del por qué no se genera la suficiente producción en explotaciones porcinas tecnificadas, generalmente se deben, a la alta mortalidad y morbilidad de enfermedades que se presentan en las etapas de recría, lo que generará una merma en la cantidad de animales finalizados en las explotaciones porcinas.

El porcentaje de mortalidad neonatal (que generalmente abarca entre los 18-28 días) varía mucho entre granjas, oscilando entre el 5 y el 35% mientras que la mortalidad post-destete va de 2-10%. La mortalidad neonatal produce pérdidas de hasta un 10-20% de los costos totales de producción. Los factores que producen la mortalidad pueden ser muy variados, como, por ejemplo, la baja viabilidad de los lechones, aplastamiento por parte de la madre y factores infecciosos, entre los que predominan las infecciones respiratorias y diarreicas, donde estas últimas, generalmente son ocasionadas por *Escherichia coli* y *Salmonella* en un 50%.

En la búsqueda de aumentar la producción y reducir los costos de producción, se han utilizado a los antibióticos como medicamentos preventivos, terapéuticos, pero sobre todo como promotores de crecimiento, trayendo como consecuencia la resistencia bacteriana. La resistencia bacteriana hacia los antibióticos es uno de los principales problemas que no sólo ha afectado a las explotaciones porcinas, si no a todas las especies, incluido el humano, al no realizar un adecuado tiempo de retiro de los antibióticos de los alimentos o agua de bebida, antes de mandar a los animales al sacrificio ha contribuido a esta resistencia bacteriana, por lo que este tema se ha convertido en un problema de salud pública.

## JUSTIFICACIÓN

El presente estudio permitirá evaluar el uso de la IgY como una alternativa para mejorar los parámetros productivos de las granjas porcinas, a través del control de las diarreas y la disminución de gastos por el uso de antibióticos.

La IgY posee numerosas ventajas, como ejemplo, la obtención de huevo al no ser invasiva, es decir que no se sacrifican animales para su obtención, permite el bienestar animal; las aves pueden ser inmunizadas contra agentes patógenos causantes de diarreas, permitiendo la obtención de inmunoglobulinas específicas a altas concentraciones a diferencia de otras extraídas en sangre de otras especies, lo que permite realizar varios tratamientos con una sola yema de huevo.

Las inmunoglobulinas específicas contra las diarreas pueden ser obtenidas de la yema de huevo y ser administradas de manera oral, pueden ser utilizadas de manera profiláctica y preventiva disminuyendo de esta manera la mortalidad y por lo tanto los gastos de producción, por otra parte, el estudio permitirá saber si la IgY funciona para contrarrestar las bacterias patógenas en el sistema digestivo de los lechones, controlando las diarreas y mejorando los parámetros productivos en este sistema de producción pecuaria.

Realizar este estudio permitió evaluar la IgY como una alternativa viable para sustituir o evitar el uso de los antibióticos que son usados como promotores de crecimiento en las dietas de los cerdos y disminuir los costos de producción por el uso de tratamientos antibióticos para el control de diarrea.

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1. SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PORCINA MUNDIAL**

En una dieta saludable se recomienda incluir 2 raciones diarias de proteína, variando entre diferentes fuentes, la carne es una de ellas, siendo la carne de cerdo una de las proteínas que cumplen con el requerimiento diario de nutrientes para la población con un contenido de grasa más bajo que el contenido de otras carnes rojas (INTERPORC, 2018).

La producción de carne porcina ha tendido a aumentar en los últimos años debido a la demanda de consumo. En el año 2017 se alcanzó una producción mundial de 967 millones cabezas; destacando a Asia como el principal continente productor de carne porcina con 576 millones cabezas, donde sólo China produjo 456 millones de cabezas, convirtiéndolo en el mayor productor a nivel mundial (FAOSTAT, 2019).

### **1.2. SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PORCINA EN MÉXICO Y AGUASCALIENTES**

México ocupó el octavo lugar a nivel mundial, con una producción de 17,210,269 cabezas en el año 2017. El mayor productor de carne porcina es Jalisco, con una producción de 3,305,214 cabezas siguiéndole los estados de Puebla, Sonora, Veracruz y Yucatán. Por su parte el estado de Aguascalientes tuvo una producción de 118,339 cabezas colocándolo en el lugar 23 (FAOSTAT, 2019; SIAP-SAGARPA, 2019) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción Porcina Nacional, 2017

LUGAR	ESTADO	CABEZAS 2017	LUGAR	ESTADO	CABEZAS 2017
1	Jalisco	3,305,214	17	San Luis Potosí	222,754
2	Puebla	1,839,131	18	Tamaulipas	221,654
3	Sonora	1,816,960	19	Nuevo León	212,321
4	Veracruz	1,589,695	20	Tlaxcala	192,232
5	Yucatán	1,071,571	21	Chihuahua	152,806
6	Guanajuato	958,328	22	Durango	143,854
7	Michoacán	864,178	23	Aguascalientes	118,393
8	Chiapas	797,438	24	Campeche	117,746
9	Guerrero	712,231	25	Coahuila	74,476
10	Oaxaca	628,933	26	Morelos	73,089
11	México	391,917	27	Nayarit	61,934
12	Sinaloa	389,942	28	Colima	50,512
13	Querétaro	319,260	29	Quintana Roo	49,059
14	Hidalgo	287,005	30	Baja California Sur	23,298
15	Tabasco	255,973	31	Ciudad de México	21,392
16	Zacatecas	232,005	32	Baja California	15,022

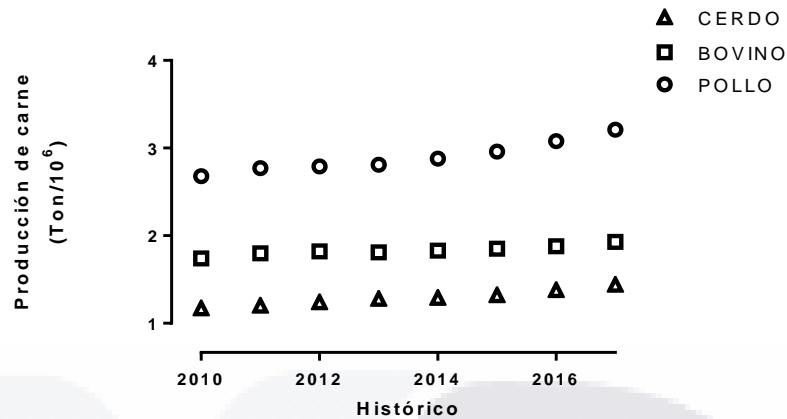
Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP-SAGARPA (2019)

Las principales razas que se han utilizado en México son cruza de las razas Duroc, Landrace, Hampshire, Chester White, Yorkshire y Pietrain (FIRA, 2012).

### 1.3. CONSUMO PER CÁPITA, COMERCIO MUNDIAL Y NACIONAL

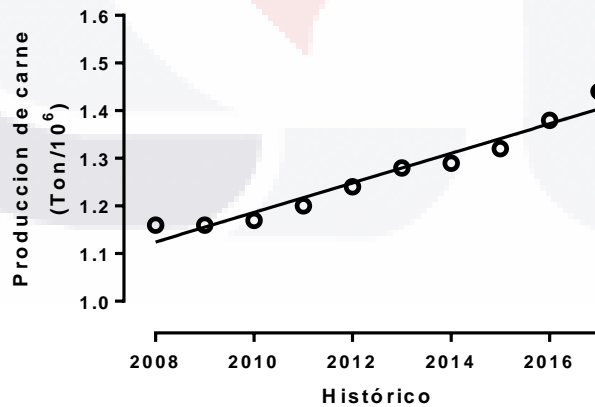
El cerdo es la carne más consumida en el mundo, a pesar de las diferentes restricciones que existen en algunos países respecto a la cultura de consumo y los valores religiosos. Hasta el momento, la carne de pollo es la más consumida en México, pero se espera que la carne de cerdo continúe con su expansión incrementando un 2.5% anual (OCDE, 2019). La producción de carne porcina ha aumentado en los últimos años debido a la demanda de consumo.

En México en el 2017, la carne de cerdo ocupó el segundo lugar con un consumo per cápita de 19.6 kg, lo que equivale a un consumo interno total de 2.35 millones de toneladas (Consejo Mexicano de la Carne, 2019). Considerando la producción observada en la Gráfica 1 de la carne de Cerdo, México no cubre con el requerimiento de la demanda de este producto, por lo que se tiene que ver en la necesidad de importar carne del extranjero.



Gráfica 1. Producción nacional de carne de cerdo, bovino y pollo 2010-2017  
 Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2019)  
 Ton/10<sup>6</sup>: Millones de toneladas

Durante los últimos diez años la producción de carne porcina ha tenido un crecimiento continuo, en especial a partir del 2011 (FIRA, 2016). En los años 2013-2014 hubo un estancamiento en la producción (Gráfica 2), lo cual pudo haberse debido a la entrada de la Diarrea Epidémica Porcina (PED, por sus siglas en inglés) a nuestro país en julio de 2013, causada por un *Alphacoronavirus*, de la familia de coronaviridae. Después de los manejos realizados a nivel nacional para poder lograr su control, se observa un crecimiento favorable en la producción a nivel nacional.



Gráfica 2. Producción nacional porcina 2008-2017  
 Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2019)  
 Ton/10<sup>6</sup>: Millones de toneladas

Existen diferentes factores que han influenciado a que se incremente el consumo de carne porcina en América Latina, donde el principal factor es el menor precio de la carne comparado con el precio del bovino y el aumento de la confianza hacia el consumo de carne porcina (FIRA, 2016; FAO, 2017).

En cuanto al comercio internacional, cabe destacar que las importaciones de carne aumentaron para el año 2016, siendo China el principal país importador, junto con Chile, Corea, México, la Unión Europea, Filipinas, Sudáfrica y Emiratos Árabes Unidos (FAO, 2017).

#### **1.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA**

La clasificación de los sistemas en la producción porcina dependerá de los métodos y medios de producción que se utilicen, clasificándolos como intensivos o tecnificados, semiextensivos o semitecnificados y extensivos o de traspatio (Gasa y Barcelona, 2016).

En México se utilizan estos tres sistemas de producción. En el sistema tecnificado se utilizan avances tecnológicos de manejo, nutrición, sanitarios y genéticos realizando un control estricto de animales y personal, se realiza inseminación artificial y la alimentación consiste en dietas balanceadas según la etapa de producción. El sistema semitecnificado puede ser similar en algunas condiciones al sistema tecnificado, pero los tipos de manejos e instalaciones son diferentes. Mientras que en el sistema de traspatio no se lleva ningún manejo controlado y la cantidad de animales variará de una a cincuenta productoras (Montero y col.,2015).

#### **1.5. ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN PORCINA**

La producción del cerdo se compone de tres periodos consecutivos, el periodo de lactancia que dura de 3-6 semanas, el destete/transición con una duración aproximada de 4 y 7 semanas y el periodo de crecimiento y engorda alrededor de 14-15 semanas. En condiciones comerciales, los cerdos llegan a sacrificio con 22-26 semanas de edad con un peso de 100-105 kg (Gasa y Barcelona, 2016).

### ***1.5.1. Lactancia***

En las explotaciones porcinas se realizan manejos durante toda la vida del lechón; siendo la etapa más importante el periodo de lactancia, pues estos manejos permitirán aumentar la supervivencia del lechón. Entre los principales manejos que se realizan en esta etapa es el limpiado y secado al nacimiento, corte y desinfección de ombligo, provisión de calor suplementario, calostroado y transferencia de lechones, eliminación de lechones bajos de peso, aplicación de hierro, corte de colmillos, identificación, corte de cola, prevención de diarreas y suministro de primera ración (Pérez, 2012), aunque en muchas de las explotaciones porcinas este último no se realiza.

### ***1.5.2. Destete***

Después de la etapa de lactancia se realiza el destete. En la mayoría de las granjas, este manejo se realiza de manera temprana y artificial, este proceso consiste en el retiro de los lechones de la cerda y donde los animales cambiarán la dieta exclusiva de lactancia materna a una dieta sólida. El manejo en esta etapa radica principalmente en la administración de una dieta balanceada y en realizar manejos para el control de diarreas y otros problemas asociados con infecciones subsecuentes al destete.

### ***1.5.3. Crecimiento y engorda***

Una vez que el lechón se ha adaptado a la dieta sólida, pasará por las etapas de crecimiento y engorda, las cuales deben su nombre debido al tipo de dieta que se les administrará. Para el caso de las etapas de desarrollo y engorda, los manejos son escasos y su importancia radica en proporcionar las dietas adecuadas para garantizar su ganancia de peso y obtener una buena conversión alimenticia.



## 1.6. ALIMENTACIÓN POR ETAPAS DE PRODUCCIÓN

### 1.6.1. Alimentación en etapa de lactancia

Cuando nace el lechón, su alimentación inmediata es el calostro que le proporciona la cerda. El calostro es rico en macronutrientes y micronutrientes, así como inmunoglobulinas, factores de crecimiento y enzimas, los cuales son importantes para la supervivencia del lechón recién nacido. La clasificación de la producción láctea se divide en tres etapas, el calostro, la leche transitoria y la leche madura donde variara su composición química en el transcurso de la lactancia (Theil, Lauridsen y Quesnel, 2014) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición del calostro, leche transitoria y leche madura en cerdas.

TIEMPO POSPARTO		CALOSTRO				LECHE TRANSITORIA	LECHE MADURA
		Temprano (0 h)	Medio (12 h)	Tardío (12 h)	36 h	72 h	Día 17
Composición química (g/100g)	GRASA	5.1	5.3	6.9	9.1	9.8	8.2
	PROTEÍNA	17.7	12.2	8.6	7.3	6.1	4.7
	LACTOSA	3.5	4	4.4	4.6	4.8	5.1
	MATERIA SECA	27.3	22.4	20.6	21.4	21.2	18.9
Energía (kJ/100 g)		260	276	346	435	468	409

Fuente: Theil, Lauridsen y Quesnel, (2014)

El consumo no sólo dependerá del vigor del lechón para amamantarse si no de la cantidad de leche producida por la cerda (Fraile, 2018). El correcto manejo de la cerda después del parto garantizara la producción láctea para la supervivencia del lechón. Además de realizar el correcto manejo del parto, como lo es la revisión de la expulsión de placenta, monitoreo de temperatura corporal y de la sala de alojamiento, administración de medicamentos en caso de haber realizado una palpación excesiva, entre otros; la alimentación de la cerda es un punto crucial para que se produzca y se mantenga una producción láctea constante que soporte la tasa de crecimiento de los lechones, que este corresponde a 2-3 kg/día, donde la producción láctea tendría que ser de 8-12 L/día. El consumo de materia seca de la cerda muchas veces no será suficiente para el mantenimiento de la lactancia, por lo que

la cerda depende de las reservas de grasa y proteínas para poder cubrir los requerimientos nutricionales (Vignola, 2009).

Posterior a la lactancia se comienza nuevamente con el racionamiento de alimento, por lo que es de vital importancia la administración correcta de una dieta, que garanticen una condición corporal adecuada a la hora del destete y que garantice una producción láctea de acuerdo con la demanda por los lechones. En el Cuadro 3 podemos observar los requerimientos de energía que deben de cumplir las dietas en base a los requerimientos dependiendo de los pesos de las cerdas.

Cuadro 3. Requerimientos de energía y alimentación de las cerdas lactantes según el peso corporal y aumento de peso de la camada.

AUMENTO DE PESO DE LA CAMADA (kg / DÍA)	2		3	
Peso corporal de la cerda (kg)	200	300	200	300
Requerimiento para mantenimiento (MJ ME / día)	24.5	28.9	24.5	28.9
Requerimiento para producción de leche (MJ ME / día)	52.0	52.0	79.6	79.6
Requerimiento total de energía (MJ ME / día)	76.5	80.9	104.1	108.5
Alimento requerido para toda la lactancia (kg / día)	5.63	5.95	7.65	7.98

Fuente: Vignola (2009)

En estudios más recientes, Theil, Hurley y Gigli (2016), mencionan que la selección genética para grandes camadas ha aumentado la cantidad de leche producida en cerdas prolíficas, las cuales producen alrededor de 13-15 L/día con un promedio de 14 lechones.

### 1.6.2. Alimentación en etapa de destete

La alimentación de lechones en destete se realiza *ad libitum* (Gasa, 2016). En el Cuadro 4 se muestra la clasificación de diferentes fases de alimentos post destete que se pueden administrar en una explotación porcina. Tomando como referencia un destete de 28 días, se

muestra el peso esperado en un tiempo determinado. En este caso de la FASE 0, ésta sólo se aplica cuando los animales no cumplen con el peso promedio al destete.

Cuadro 4. Clasificación de dietas en etapa de destete

	<b>PESO INICIAL (kg)</b>	<b>PESO FINAL (kg)</b>	<b>DÍAS</b>	<b>kg DE ALIMENTO TOTAL</b>	<b>kg DE ALIMENTO POR DIA</b>
<b>FASE 0</b>	<6.000	Hasta los 6.000 kg	-	-	-
<b>FASE 1</b>	6.000	9.000	4	2.000	0.500
<b>FASE 2</b>	9.000	12.000	7	4.400	0.628
<b>FASE 3</b>	12.000	15.000	6	4.700	0.783
<b>FASE 4</b>	15.000	22.300	11	10.800	0.981

Fuente: Elaboración propia con datos de productor de alimentos balanceados.

Todos los alimentos administrados deberán contener productos lácteos con lo que se busca la estabilidad de la microbiota gastrointestinal. De esta manera, el lechón se irá adaptando paulatinamente a una dieta, reduciendo la posibilidad de cambios abruptos en la microbiota.

### **1.6.3. Alimentación en etapa de crecimiento y engorda**

El nivel de consumo de alimento, la composición de la ración y la utilización de insumos de calidad, son elementos que influyen en los aspectos de crecimiento, desarrollo y finalización de los cerdos. Las necesidades nutritivas de cada cerdo en cuanto a energía metabolizable (EM) y proteína dependerán de las reservas de cada animal (García y col., 2011) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Manejo de alimentación en las áreas de Engorda

	<b>CRECIMIENTO</b>	<b>DESARROLLO</b>	<b>FINALIZACIÓN</b>
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>	A voluntad	A voluntad	A voluntad
<b>CANTIDAD DE ALIMENTO kg/día</b>	1.5	2 a 3	3.5
<b>EM kcal/kg</b>	3,200	3,200	3,250
<b>Proteína %</b>	18	16	14
<b>Ca %</b>	0.60	0.55	0.50
<b>PD %</b>	0.50	0.45	0.40
<b>Lisina %</b>	0.90	0.90	0.65
<b>Metionina %</b>	0.30	0.30	0.18
<b>Treonina %</b>	0.55	0.55	0.40

Fuente: García y col., (2011)

El plan de alimentación en etapas de crecimiento y engorda dependerán del tipo de instalación y manejo de cada granja repercutiendo principalmente en la conversión alimenticia. Losinger (1998), menciona que la conversión alimenticia es una variable importante en la rentabilidad debido a que este parametro representa dos tercios del costo total de la producción, por lo tanto un pequeño cambio en la tasa de conversión puede provocar un alto impacto en su rentabilidad. Este resultado puede ser influenciado por muchos factores tales como son los genéticos, sanitarios y de manejo.

**1.6.4. Requerimientos de agua en la alimentación de cerdos**

El agua debe de ser considerado como un nutriente en todo tipo de explotación. Las necesidades de agua del cerdo dependerán del estado fisiológico y etapa productiva (Cuadro 6). El agua debe de ser de buena calidad y de libre acceso, se debe de realizar una supervisión que garantice que ésta se encuentre libre de bacterias, nitratos, nitritos, y material contaminante, se debe considerar realizar un análisis bacteriológico cada seis meses (Miller y col.,1991).

Cuadro 6. Consumo de agua aproximada en cerdos

<b>EDAD (DÍAS)/ETAPA</b>	<b>PESO APROXIMADO (kg)</b>	<b>L/DÍA</b>
<b>Lechones</b>	5-30	2.8
<b>55-95</b>	30-50	8
<b>96-156</b>	50-85	12
<b>157-230</b>	85-110	20
<b>Cerdas de primer parto</b>	150	16
<b>Cerdas gestantes</b>	180	22
<b>Cerdas lactantes</b>	180	27
<b>Sementales</b>	180	20

Fuente: Miller y col., (1991)

**1.7. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN CERDOS**

En las explotaciones porcinas, existe una gran diversidad de razas, líneas genéticas, tipos de explotaciones, alimentación, sistemas de manejo, etc., lo que conlleva que cada granja tenga diferentes parámetros productivos deseables a alcanzar como meta de producción.

Toda explotación porcina busca ser rentable, por lo que necesita realizar una evaluación de sus parámetros productivos de manera frecuente para poder determinar si esta meta es alcanzada o no.

En la Cuadro 7 se muestra una relación de los principales parámetros divididos por área de servicio, área de lactancia y área de engorda.

Cuadro 7. Parámetros productivos y reproductivos de referencia para granjas porcinas de ciclo completo

<b>ÁREA DE SERVICIO</b>	
% de hembras de remplazo anual	35-40
Edad a primer servicio	210 días
Intervalo entre servicio	21 días
Días no productivos	< 63
<b>ÁREA DE GESTACIÓN</b>	
Intervalo entre partos	140-155 días
% de cerdas repetidoras	5
% de cerdas abortadas	2
Días abiertos	< 7
% de fertilidad por grupo	95
<b>ÁREA DE LACTANCIA</b>	
Promedio por partos por año	2.5
No. de lechones nacidos totales	12
No. de lechones nacidos vivos	11
Lechones nacidos muertos	1
Pesos individuales de los lechones al nacimiento	Parto 1: 1.480 kg Parto 2: 1.560 kg
Peso de lechón destetado	21 días: >6,5 kg 28 días: >8.5 kg 35 días: > 9.5 kg
% de mortalidad	< 8
<b>ÁREA DE DESTETE-ENGORDA</b>	
Peso inicial promedio al destete	5.5 kg
Peso final promedio al destete	> 21.3
Porcentaje de mortalidad al destete	< 2
Peso final (crecimiento, desarrollo y engorda)	42-50, 75 y 98-102 kg
Porcentaje de mortalidad en engorda (crecimiento, desarrollo y engorda)	1-2, 0.5 y 0.5

Fuente: García y col., (2008)

En cuanto a la GDP, existen factores que permiten aumentar o disminuir este parámetro productivo. Entre los factores que la aumentan se encuentran el número de parto de la madre, que de alguna forma garantiza una buena conformación de pezones y producción láctea, por otro lado, tenemos factores que tienden a disminuir la GDP tal como lo son problemas de diarreas causados principalmente por *Escherichia coli*, problemas parasitarios,

malos manejos al nacimiento como mal corte de colmillos, la falta de desinfección de ombligos, castración temprana, entre otros (Johansen y col., 2004).

A pesar del mejoramiento genético que permite incrementar los parámetros productivos, el consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, son por mucho, aquellas variables más analizadas, debido a que alimentación es la que genera el mayor costo de producción, representando en granjas tecnificadas un 75% de los gastos del gasto total (PIC, 2019)

De igual manera la morbilidad y la mortalidad que provocan las infecciones en las primeras etapas de producción representa un 10-20% de los costos totales. La mortalidad en la lactancia va entre el 5 y el 35% ( Mainau y col., 2015), lo cual variará dependiendo del manejo clínico y zootécnico de cada explotación porcina, siendo un 7% una mortalidad dentro del rango normal establecido (Torres y Hurtado, 2007), mientras que la mortalidad post-destete va de 2-10% (Gasa y Barcelona, 2016). En la Gráfica 3 podemos observar un estudio realizado por Pig Improvement Company (PIC) en 2015, a nivel Latinoamérica, el cual muestra una tendencia de aumento de la mortalidad en el 2013, en México este aumento fue de un 18.04%, en base al último análisis realizado, siendo la etapa de lactancia en la que se presentó mayor índice de mortalidad.



Gráfica 3. Mortalidad por etapa de producción en Latinoamérica 2011-2014  
Fuente: Elaboración propia con datos de PIC, (2015)

## 1.8. SALUD INTESTINAL Y ENFERMEDADES POR ETAPA DE PRODUCCIÓN

Se sabe poco de cuál es la conformación de la flora bacteriana del tracto gastrointestinal de los cerdos y qué factores permiten cambios en ella. En un estudio longitudinal realizado por Kim y col. (2011), analizaron las heces tomadas directamente del recto de cerdos a los cuales se les realizó secuenciación de rRNA, a diferentes edades de los cerdos e identificaron que las poblaciones microbianas en las heces cambiaban conforme los cerdos envejecían.

Los cambios que existen en la microbiota del tracto gastrointestinal puede ser debido a diferentes factores tal como lo es la edad, la exposición a agentes extraños, la dieta y otros más. Estos factores causan un desequilibrio que permite el establecimiento de agentes patógenos (Berg, 1996).

Existen enfermedades producidas por virus, bacterias, hongos, parásitos, enfermedades producidas por factores nutricionales, tóxicos y otros que no se clasifican dentro de los factores biológicos y nutricionales tal como lo es el caso de aquellas enfermedades de tipo genético o causados por un mal manejo.

La salud del tracto gastrointestinal (“salud intestinal”) ha atraído mucho la atención a pesar de no tener una definición clara. En términos generales la salud intestinal abarca factores fisiológicos y características que incluyen la absorción de nutrientes, metabolismo y la presencia de una microbiota estable. La presencia de enfermedades entéricas rompe la “salud intestinal”, provocando un desequilibrio del sistema gastrointestinal (Pluske, Turpin y Kim, 2018).

El desarrollar una microbiota estable a una edad temprana en los cerdos es de importancia ya que los microorganismos que colonicen el tracto gastrointestinal en un inicio serán fundamentales para el establecimiento de las estructuras comunitarias microbianas, las cuales estarán de forma permanente contra otras que afecten la salud, el crecimiento y rendimiento de los cerdos en el transcurso de su vida (Guevarra y col., 2019).

Las enfermedades bacterianas entéricas y otras afecciones de los cerdos requieren de un control para reducir la morbilidad y la mortalidad y para mejorar la eficiencia de la producción. Un número de géneros distintos y especies de bacterias y otros microorganismos están presentes, y cada uno de estos patógenos tiende a habitar en una región diferente del

tracto gastrointestinal y generalmente se asocia con una edad o clase diferente de cerdo (Pluske, Hopwood y Hampson, 2003) (Cuadro 8).

Cuadro 8: Patologías digestivas porcinas potenciadoras en los cuadros de enteritis

	LACTACIÓN	TRANSICIÓN	CEBO	ADULTOS
<b>MULTIFACTORIALES</b>			Úlcera gastroesofágica Síndrome del intestino hemorrágico	
<b>VIRUS</b>	Enteritis por Rotavirus			
	Diarrea vírica epidémica			
<b>PARÁSITOS</b>		<i>Thichuris suis</i>		
	Coccidiosis			
	Criptosporidios			
<b>BACTERIAS</b>	Colibacilosis enterotoxigénica			
	Enfermedad de los edemas			
	<i>C. perfringens</i> A		Colib. Post-destete	
	<i>C. difficile</i>			
	Salmonelosis			
			Enteropatía proliferativa porcina	
			Disentería porcina	
			Espiroquetosis intestinal	

Fuente: Modificado de Claver y col., (2016)

Las enfermedades diarreicas de naturaleza infecciosa pueden ser causadas por uno o varios agentes en conjunto: virus entéricos (*Rotavirus*, *Coronavirus*, *Calicivirus*, *Adenovirus*, virus de la diarrea epidémica porcina, entre otros); parásitos protozoarios (*Isospora suis* y *Cryptosporidium* spp) y agentes bacterianos como *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC), *Salmonella* spp (mayor aislamiento *S. choleraesuis* y *S. typhimurium*), *Clostridium perfringens* tipo C y A, *Yersinia enterocolitica*, entre otros (Bencomo, Hurtado y Mejía, 2010).



### 1.8.1. *Enfermedades en lactancia*

Tanto el momento del nacimiento como el destete implican para el lechón un conjunto de cambios importantes a los cuales debe responder el lechón para restablecer estado fisiológico interno. Esto lleva al lechón a una fase crítica debida al estrés provocado principalmente por tres factores que son cambios nutrimentales, físicos y psicológicos, cambios fisiológicos y morfológicos del sistema digestivo y por último las diarreas asociadas a la proliferación de bacterias en intestino delgado (Chapinal y col. 2006). Los lechones al nacimiento quedan expuestos a los microorganismos del medio ambiente que les rodea y a la ingestión de bacterias que se encuentran en las heces y el canal de parto de la madre (Rioperez y Rodríguez, 2005).

En el nacimiento, la colonización de la microbiota muestra en sus inicios, coliformes y estreptococos y bifidobacterias. La flora anaeróbica obligatoria aparece más tarde. Los clostridios están presentes durante un corto período. Cuando el lechón comienza a alimentarse de la leche materna la microflora comienza a estabilizarse (Soraci y col., 2010).

Las infecciones diarreicas son por mucho las enfermedades de mayor importancia tanto en la etapa de lactancia como en el destete. *Escherichia coli* es la causante de esta colibacilosis, es una de las infecciones más importantes en esta etapa de producción debido a que provoca grandes pérdidas económicas por incrementos en la morbilidad y mortalidad, reducción de crecimiento y un aumento en los costos de producción (Fairbrother y col., 2005). Otras infecciones que pueden estar presentes en etapa de lactancia se pueden observar en la Cuadro 7.

En un estudio longitudinal realizado por Slifierz y col., (2015) analizaron la microbiota de los lechones a través de heces fecales tomadas directamente del recto, se utilizaron diez cerdos de cría comercial seleccionados al azar al nacimiento, se tomaron muestras durante las primeras 7 semanas de vida; las muestras fueron analizadas para realizar secuenciación de rRNA y obtuvieron como resultado 4.7 millones de secuencias en heces, siendo *Escherichia coli* uno de los tres géneros bacterianos que se encuentran con más abundancia en heces (Cuadro 9).

Cuadro 9. Abundancia relativa de las cinco clases y géneros predominantes durante cada período de desarrollo del lechón.

EDAD (DÍAS)	CLASES DOMINANTES	ABUNDANCIA RELATIVA MEDIA %	GENERO DOMINANTE	ABUNDANCIA RELATIVA MEDIA %
1-3	<i>Clostridia</i>	44.5	<i>Clostridium</i>	17.9
	<i>Gammaproteobacteria</i>	27.1	<i>Escherichia</i>	15.0
	<i>Fusobacteria</i>	14.0	<i>Fusobacterium</i>	10.5
	<i>Bacilli</i>	6.0	<i>Clostridium</i>	4.3
	<i>Bacteroidia</i>	2.8	<i>Lactobaciullus</i>	4.2
7-12	<i>Clostridia</i>	44.5	<i>Clostridium</i>	8.8
	<i>Gammaproteobacteria</i>	10.8	<i>Escherichia</i>	8.6
	<i>Bacilli</i>	10.4	<i>Lactobaciullus</i>	8.2
	<i>Bacteroidia</i>	5.9	<i>Clostridium XIVa</i>	7.4
	<i>Erysipelotrichia</i>	4.1	<i>Firmicutes no clasificados</i>	5.2
28-35	<i>Clostridia</i>	29.1	<i>Megasphaera</i>	14.0
	<i>Negativicutes</i>	26.5	<i>Lactobaciullus</i>	12.3
	<i>Bacilli</i>	15.6	<i>Clostridium</i>	4.6
	<i>Gammaproteobacteria</i>	6.7	No clasificados	4.6
	<i>Erysipelotrichia</i>	4.2	<i>Succinivibrio</i>	4.1
42-49	<i>Negativicutes</i>	32.4	<i>Megasphaera</i>	21.2
	<i>Clostridia</i>	31.7	<i>Lactobaciullus</i>	12.3
	<i>Bacilli</i>	17.4	<i>Roseburia</i>	4.6
	<i>Erysipelotrichia</i>	5.4	<i>Firmicutes no clasificados</i>	3.9
	<i>Bacteroidia</i>	3.7	<i>Erysipelotrichaceae incertae sedis</i>	3.9

Fuente: Slifierz y col., 2015

### 1.8.2. Enfermedades en destete

Los lechones al destete en condiciones naturales se adaptan progresivamente a un consumo menor de leche y a un consumo mayor de alimento sólido, pero la práctica de destetar de manera más temprana en los sistemas actuales interfiere en el desarrollo normal del lechón especialmente el del tracto gastrointestinal (TGI) (Reiz de Souza y col., 2013). La microbiota intestinal del lechón lactante está compuesta principalmente por lactobacilos y estreptococos, perfectamente adaptados a productos lácteos (Claver y col., 2016). Una vez que se realiza el

destete el suministro de lactosa disminuye lo que permite la proliferación de bacterias patógenas en el intestino delgado (Medel y col., 2019).

Gresse y col., (2017) realizaron una revisión de varios estudios donde encontraron que en la transición de lactancia-destete las bacterias de grupo de *Lactobacillus* disminuyen mientras que *Clostridium* spp, *Prevotella*, spp o microorganismos anaerobios facultativos como *Escherichia coli* aumentan. También mencionan que ETEC es de mayor importancia en la etapa de destete. Esta infección es la responsable de 50% de las muertes neonatales causadas por diarreas en lechones en todo el mundo en la etapa de destete.

La diarrea se reconoce visualmente cuando el contenido en agua de las heces supera alrededor del 80%. Aunque se puede realizar un diagnóstico diferencial, en diarreas provocadas por *Escherichia coli* enterotoxigénica se puede observar una diarrea acuosa y alcalina, mientras que otras especies de *Escherichia coli* y rotavirus producen una diarrea ácida y la disentería porcina puede provocar heces con mucus y sangre (Pluske, Hopwood y Hampson., 2003).

La presencia de diarreas en la etapa del destete contiene cantidades importantes de *Salmonella*, aunque no existe investigación suficiente de la cuantificación de *Salmonella* que es eliminada en las heces normales o diarreicas (Tanaka y col., 2014).

*Salmonella choleraesuis* es una de las bacterias con más control en las explotaciones porcinas debido a la transmisión de esta bacteria a través de la carne contaminada que llega a estar presente en las canales infectando de esta manera a las personas que la consumen. Gray y Fedorka (2001) demostraron que *Salmonella choleraesuis* es una bacteria que logra sobrevivir hasta 3 meses en el medio ambiente en las heces fecales frescas, las cuales funcionan como reservorio para la transmisión de la bacteria. De ahí la importancia de lograr un control desde las primeras etapas de producción.

### **1.8.3. Enfermedades en desarrollo y engorda**

Los animales que se encuentran en las etapas de desarrollo y engorda tienen un sistema inmunológico más desarrollado, lo que les permite tener una mayor resistencia contra las infecciones que le rodean, aunque no están exentos a contraerlas debido a la alta densidad de animales que se concentran en este tipo de explotaciones.

Las enfermedades diarreicas son las principales infecciones que se encuentran presentes en los animales en todas las etapas de producción debido a su fácil transmisión por contacto directo o a través de fómites. De ahí la importancia realizar manejos y tratamientos preventivos para controlarlas.

Las principales enfermedades que se pueden llegar a presentar en estas etapas se pueden observar en el Cuadro 8.

#### ***1.8.4. El estrés: factor que influye en la salud del ganado porcino***

Mota Rojas y col. (2014), clasifican el estrés de la siguiente manera: estrés social durante el destete (generado por la falta de vocalización entre cerda y lechones, la jerarquización de camadas y la sobrepoblación), el estrés físico o de manejo durante el destete (genera problemas de conducta y bienestar por la falta de agua y alimento cuando los animales son transportados a largas distancias), el estrés medioambiental (generado por cambios de olores, sonidos, ventilación, iluminación, temperatura, humedad y espacio) el estrés nutricional e inmunológico (generado por cambios en la dieta, cambios en la mucosa intestinal y a factores metabólicos, fisiológicos, endocrinos y conductuales (Figura 1).

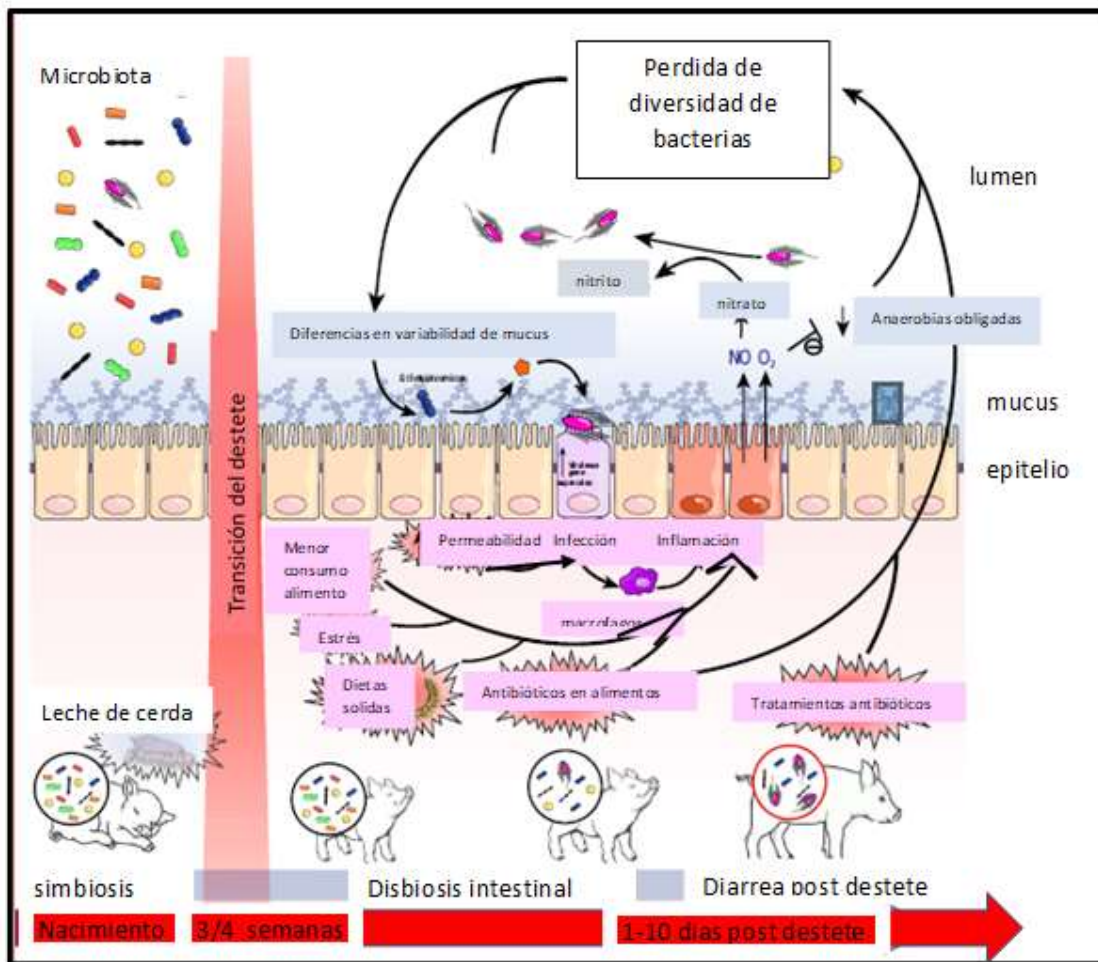


Figura 1. Impacto de la transición del destete en la microbiota intestinal de lechón y la expansión de agentes infecciosos.

Fuente: Modificado de Gresse y col. (2017)

El estrés en cualquiera de las etapas de producción es una condición que provoca una caída inmediata pero transitoria de la ingesta de alimento lo que resulta en desnutrición y por lo tanto en un estancamiento en el crecimiento, provoca cambios en la arquitectura y función del intestino delgado lo que conduce a trastornos intestinales, infecciones y diarreas (Gresse y col., 2017).

El destete conduce a cambios en la microbiota en los lechones debido al cambio brusco de la dieta y a que contiene fuentes de nutrientes más complejos, lo que afecta la capacidad de absorción del intestino delgado influyendo en el crecimiento y la eficiente de la alimentación (Kim y col, 2011), repercutiendo finalmente en un desequilibrio de la salud intestinal provocando diarreas en los lechones.

## **1.9. SISTEMA INMUNITARIO DEL LECHÓN**

La transferencia de inmunidad hacia el feto puede ser a través de la placenta o bien a través del calostro al momento del nacimiento. En los cerdos el tipo de placentación epiteliocorial, impide el contacto de la circulación del feto y de la madre, por lo que no existe una transferencia de anticuerpos por vía placentaria, (Chucrí y col., 2010). Dicho de otras palabras la placenta es impermeable, por lo que se considera que los lechones nacen agammaglobulinémicos (Salmon y col., 2009), considerándose “inmunológicamente vírgenes” (Rooke y col., 2003).

La transferencia de inmunidad pasiva a través del calostro de la cerda hacia los lechones es de vital importancia para la protección contra las enfermedades infecciosas antes del desarrollo de la inmunidad adaptativa. La concentración sérica de inmunoglobulinas (Ig) adquirida en los lechones recién nacidos dependerá por completo del tiempo, la calidad y cantidad de ingesta (Markowska, Pomorska y Pejsak, 2010).

### **1.9.1. Inmunidad humoral**

Al nacer el lechón, éste sólo cuenta con pequeñas cantidades de reservas de energía por lo que depende de una ingesta adecuada de calostro, la cual proporcionará la energía y la temperatura para sus funciones fisiológicas (Xu y Cranwell, 2003). Para los animales lactantes neonatales, el calostro no es sólo una fuente de nutrientes, sino también un suministro de factores de defensa inmunológica, enzimas hidrolíticas, hormonas y varios tipos de factores de crecimiento. Las inmunoglobulinas transmitidas por la leche, por ejemplo, participan en la protección de los animales recién nacidos contra infecciones intestinales (Xu y col., 2002).

Theil, Lauridsen y Quesnel (2014), realizaron una comparación entre el calostro y la leche madura, donde muestran claramente la diferencia en concentraciones de las inmunoglobulinas que se encuentran presentes (Cuadro 10).

Cuadro 10. Contenido de inmunoglobulinas en calostro y leche madura de cerdas

	Calostro temprano	Leche madura
IgG (total) (mg/mL)	61.8	1.6
IgA (mg/mL)	11.3	4.1
IgM (mg/mL)	3.8	1.5

Fuente: Theil, Lauridsen y Quesnel (2014)

Las inmunoglobulinas son muy importantes para los animales ya que son elementos esenciales en la inmunidad adquirida de tipo humoral. Durante las primeras 24-36 horas el sistema digestivo del lechón permite la absorción directa en intestino delgado de estas proteínas a la sangre, después de este tiempo se produce un cierre intestinal lo que impide su absorción. (Fraile, 2018). La IgG es el isotipo de inmunoglobulina de mayor concentración en el calostro de los cerdos, la cual pasa de la sangre a las secreciones mamarias (Salmon y col., 2009). Esta inmunoglobulina, junto con la IgM, generan la protección contra infecciones bacterianas y virales de manera sistémica debido a que estas proteínas pasan intactas al torrente sanguíneo del lechón. La IgA es importante para la protección del tracto gastrointestinal a nivel local, por lo tanto, desempeña un papel importante en la prevención de los problemas digestivos durante el periodo neonatal. Además, permite el establecimiento de una microbiota digestiva y evita la aparición de intolerancias a los alimentos (Fraile, 2018).

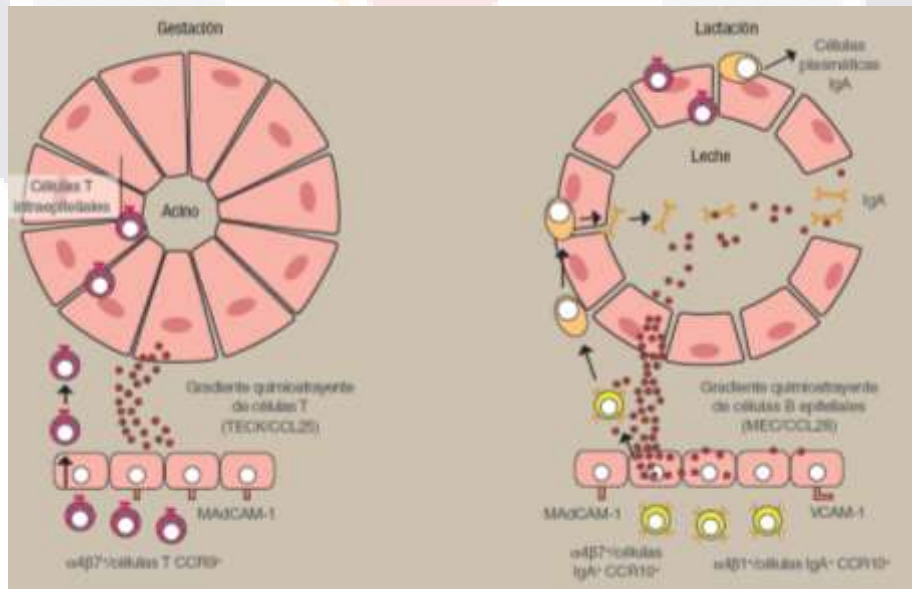


Figura 2. Mecanismo de transferencia de inmunidad celular (calostro) y humoral (calostro y leche).

Fuente: Fraile (2018)

En el caso de la concentración sérica de Ig's de los lechones, Markowska y col., (2010) demostraron que la principal Ig encontrada en las primeras horas es la IgG constituida aproximadamente por un 90, 95 y 80% de Ig's totales en el suero de lechón a los 7, 14 y 56 días de edad respectivamente, mientras que los porcentajes de IgA e IgM a los 7 y 14 días de vida fue de 5-10% del total de las Inmunoglobulinas totales, en el Cuadro 11 se muestran los valores medios de las Inmunoglobulinas analizadas en ese estudio.

Cuadro 11. Niveles séricos de inmunoglobulinas en lechones

	Concentración de Ig en suero (mg/mL) media ± DE		
	Días de Vida		
	7	14	56
IgA	1.01* ± 0.7	0.36* ± 0.1	0.76* ± 0.6
IgM	0.84 ± 0.88	0.92 ± 0.44	3.37 ± 1.13
IgG	19.57 ± 10.29	23.19 ± 8.44	17.55 ± 4.54

\* Diferencias estadísticamente significativas, p≤0.05

DE: Desviación estándar

Fuente: Modificado de Markowska y col., (2010)

### 1.9.2. Inmunidad celular

La inmunidad mediada por celular igual que la humoral es importante para el control de muchas enfermedades. La secreción láctea contiene células polimorfonucleares (PMN), linfocitos y macrófagos. Los tipos celulares y cantidad dependerán del desarrollo de la glándula mamaria y otros factores propios de la cerda (Fraile, 2018). Los neutrófilos y los linfocitos son los tipos celulares más predominantes (Cuadro 12) en el calostro y tienden a disminuir conforme avanza la lactancia. Las células epiteliales originadas por la abrasión del revestimiento epitelial de la glándula mamaria aumentan en la leche, aunque su función fisiológica no se entiende completamente, es posible que los leucocitos proporcionen protección contra infecciones y los macrófagos realicen una fagocitosis. Los linfocitos de la leche son alrededor de un 80% de células T, las cuales contienen memoria específica que pasarán al neonato (Xu y col., 2002).



Cuadro 12. Distribución porcentual de los tipos de células en el calostro y leche

	Calostro	Leche
Neutrófilos	64.0	40.7
Macrófagos	5.6	15.5
Linfocitos	26.5	19.2
Eosinófilos	0.7	0.4
Células epiteliales	1.4	23.6

Fuente: (Xu y col., 2002)

En un estudio realizado por Dahl y col. (2007), demostraron que la edad del cerdo al destete afecta la respuesta inmune y el desarrollo del sistema inmunitario del lechón. Los cerdos destetados a los 28 días tienen un menor recuento de neutrófilos, un mayor porcentaje de linfocitos y monocitos que los cerdos destetados a los 14 o 21 días. La concentración plasmática de IgG es mayor en cerdos destetados de 14 días y por el contrario los lechones destetados de 28 días tienen una actividad mayor de las células Natural Killer (NK).

**1.9.3. Inmunidad frente a infecciones intestinales**

La salud del epitelio intestinal de un lechón se ve reflejada en un mejor desarrollo, esto sucede debido a que este órgano tiene una función de secreción y absorción, además de que participa como el mayor órgano inmunológico formando una barrera impermeable contra microorganismos al que pudiera estar expuesto (Chase, 2016).

A nivel intestinal, el moco y mucinas producido por las células caliciformes y epiteliales proporcionan la barrera inicial para la adhesión de bacterias patógenas al intestino (Pelaseyed y col., 2014). Los enterocitos producen péptidos antimicrobianos (AMP) los cuales son secretados por estímulo de la microbiota intestinal y las células Natural Killer (NK), estos polipéptidos forman una barrera química para limitar la infección de la superficie intestinal y ayuda a atacar bacterias invasoras (Maynard y col., 2012).

Otro mecanismo de defensa es la Inmunoglobulina A (IgA) secretora; esta inmunoglobulina participa en la aglutinación de microorganismos infecciosos y neutralización de toxinas. La capa mucosa interna junto con los AMP y IgA forman una "zona letal" y una "barrera" contra *E. coli* y otros patógenos entéricos (Chase, 2016) (Figura 3).

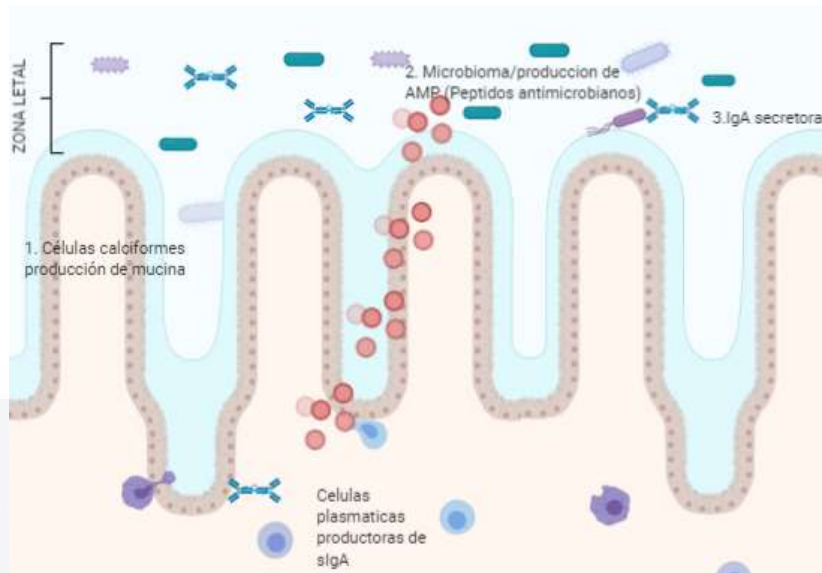


Figura 3. Inmunología del sistema digestivo. (Elaboración propia con aplicación Biorender). Modificado de Maynard y Col., 2020

La secreción de diferentes citocinas en procesos infecciosos desencadena un proceso inflamatorio. A nivel diagnóstico, su evaluación, permite poder diferenciar las respuestas inmunitarias según su producción durante infecciones virales o bacterianas. Las primeras citocinas que se producen son las citocinas proinflamatorias, como la interleucina-1 (IL-1), IL-6, IL-8 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), y más tarde las citocinas Th1, como la IL-2 y interferón gamma (IFN- $\gamma$ ), y las citocinas Th2 IL-4, IL-5, IL-13 e IL-10 (Chase, 2016).

## 1.10. TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN DE LAS ENFERMEDADES DIARREICAS EN CERDOS

### 1.10.1. Antibióticos y promotores del crecimiento

El primer antibiótico de origen sulfamídico se utilizó en el año 1935 (Domagk, 1935). Los antibióticos son sustancias naturales producidas por mohos, levaduras y otros microorganismos los cuales ha sido ampliamente utilizados como tratamientos de enfermedades producidas por agentes bacterianos (Cromwell, 2013).

Los antibióticos en la industria porcina no solo se han utilizado con fines terapéuticos sino que también se han utilizado como promotores de crecimiento para el control de la flora bacteriana, lo que conlleva un mayor aprovechamiento de los nutrientes y un aumento de conversión alimenticia (Grande y col., 2000).

Los niveles sub terapéuticos de antibióticos en dietas para cerdos aumentan la ganancia diaria de peso en un promedio del 16% en cerdos destetados, 11% en cerdos en crecimiento y 4% en cerdos ya finalizados (Cromwell, 2002).

Los antibióticos son una herramienta importante para combatir enfermedades infecciosas en granjas de cerdos; sin embargo, su uso incorrecto, excesivo y frecuente contribuyó al desarrollo de resistencia a los antibióticos (Diana y col., 2019). Por lo que actualmente se buscan alternativas viables para el control de infecciones en cualquier etapa de producción y que además funcionen como promotores de crecimiento.

### **1.11. TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS AL USO DE ANTIBIÓTICOS EN CERDOS**

Debido a la sobre explotación y el mal uso de los antibióticos, la Unión Europea en el año 2006 decidió prohibir cualquier uso de antibióticos como promotores del crecimiento incluyendo la monensina sódica, avilamicina, salinomicina, flavofosfolipol (European Commission, 2005).

En México, el 9 de mayo de 2018 se celebró el acuerdo por lo cual se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los Antimicrobianos, donde se menciona para contener el proceso de las resistencias antimicrobianas no sólo se deben de realizar prácticas sobre la salud humana sino también sobre la salud animal, la producción de alimentos y sobre el medio ambiente (DOF, 2018). Aunque cabe mencionarse que no se implementa la restricción de ningún antibiótico tanto en uso humano como animal.

Para contrarrestar estos efectos actualmente se comercializan varios aditivos para piensos que ayudan a reforzar el sistema inmunológico de los cerdos y ayudan a regular la

microbiota del intestino a fin de reducir los impactos negativos del destete y otros desafíos ambientales a los que se enfrenta el lechón (Liu y col. 2018).

#### **1.11.1. Acidificantes**

Los acidificantes se usan por su capacidad de generar un ambiente favorable para la microbiota resultando en un aumento de digestibilidad de los nutrientes, mayor crecimiento y reducción de diarreas. Entre los principales acidificantes utilizados son ácidos orgánicos (ácido fórmico, ácido fumárico, ácido láctico y ácidos cítricos), ácidos inorgánicos (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido fosfórico) y sales de ácidos (Liu y col., 2018).

Ahmed y col., (2014), realizaron un estudio administrando ácido cítrico como sustituto de antibiótico en lechones destetados, demostraron que ácido cítrico disminuyó la cantidad de bacterias de *Salmonella* y *Escherichia coli* en heces y se obtuvo una mayor ganancia de peso.

En estudios más recientes Cho y col. (2018) utilizaron ácidos orgánicos como aditivo donde también coincidieron que su uso puede disminuir las cantidades de *Escherichia coli* en heces.

#### **1.11.2. Minerales**

El cobre (Cu) y el zinc (Zn) (microminerales) tienen efectos antimicrobianos. El mecanismo de acción aún no se ha definido completamente, pero se han reportado estudios que sugieren una unión de cargas de los minerales y las membranas bacterianas, permitiendo así una interacción y la posterior rotura de las membranas de estos agentes etiológicos (Zavaleta y Saldaña, 2019).

El Zn por su parte funciona para acelerar la curación de heridas en la piel, estimulan la ingesta de alimento hasta en un 17% pero sus deficiencias causan un retraso en el crecimiento, pérdida de apetito, anomalías esqueléticas e hiperqueratinización (Liu y col., 2018).

Para el caso de estos aditivos falta realizar estudios ya que se han detectado también casos de resistencias microbianas. Yazdankhah, Rudi y Bernhoft (2014), mencionan que la resistencia al Zn a menudo está relacionada con la resistencia a la meticilina en los

estafilococos y en el caso de resistencia al Cu en las bacterias, en particular los enterococos se asocian con la resistencia a los medicamentos antimicrobianos como los macrólidos y los glucopéptidos.

**1.11.3. Probióticos**

Turner y col., (2001), mencionan el beneficio de alimentar con probióticos ya que éstos mejoran el rendimiento del crecimiento y minimizan la presencia de enfermedades. Sin embargo, aun no queda claro como es que ejercen una influencia positiva.

Los probióticos se aplican en todas las diferentes fases productivas de la producción porcina y se utilizan para mejorar el rendimiento, mitigar enfermedades, aumentar la calidad del producto o reducir los contaminantes. Los últimos avances tecnológicos han permitido un progreso considerable en la investigación de probióticos en estos últimos años (Vidal, Orúe, y Castillejos, 2019).

En la Figura 4, se muestran los principales beneficios del uso de los probióticos en las explotaciones porcinas.

<p><b>COLONIZACIÓN Y ACTIVIDAD METABÓLICA EN EL ESTOMAGO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normalmente presente en los animales objetivo</li> <li>- Resistentes a los jugos gástricos y secreciones biliares</li> <li>- Adhesión al epitelio o mucus</li> <li>- Competencia con la microbiota resistente</li> </ul>	<p><b>PROMOCIÓN DE LA SALUD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción de sustancias antimicrobianas</li> <li>- Antagonista hacia bacterias patógenas</li> <li>- Modulación de la respuesta inmune</li> </ul>
<p><b>Características esperadas de los probióticos en la industria</b></p>	
<p><b>INDUSTRIA APLICABLE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Docilidad para producir altos volúmenes</li> <li>- Viabilidad de grandes poblaciones</li> <li>- Propiedades organolépticas deseables</li> <li>- Estabilidad durante el proceso, almacenamiento y entrega</li> </ul>	<p><b>SEGURIDAD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No tóxico y no patógeno</li> <li>- Identificación taxonómica precisa</li> <li>- Estabilidad genética</li> <li>- Ausencia de la trasmisión de genes resistentes a los antibióticos.</li> </ul>

Figura 4. Características esperadas de los probióticos  
 Fuente: Elaboración propia, modificado de Vidal, Orúe y Castillejos (2019)

## 1.12. TECNOLOGÍA IgY

### 1.12.1. Sistema inmunitario de las gallinas

Cada especie tiene diferentes estrategias para crear una variación de anticuerpos para los diferentes microorganismos que lo atacan (Binte, 2014). En los mamíferos, se produce cierta transferencia de anticuerpos maternos después del nacimiento a través de las secreciones mamarias y el intestino neonatal, mientras que en las aves, todas las inmunoglobulinas necesarias para proteger al polluelo recién nacido deben estar presentes en el huevo (Rose, Orleans y Buttress, 1974).

El sistema inmune de los pollos está compuesto por órganos inmunogénicos primarios (bolsa de Fabricio y timo) y por órganos secundarios (bazo, glándula de Hardel, nódulos linfoides, médula ósea, tejido linfóide del tracto alimentario). En la médula ósea se originan las células madre, en la bolsa de Fabricio las células indiferenciadas se convierten en células B maduras hasta que llegan al timo y se diferencian en células T. En el bazo se realiza la proliferación de las células plasmáticas y de las células B de memoria. En las aves se han demostrado tres clases de inmunoglobulinas que son análogas a las inmunoglobulinas de los mamíferos y que se denominan IgA, IgM e IgY (Chacana y col., 2004). La IgM es la más predominante cuando el ave es expuesta a un nuevo antígeno y se encuentra presente en infecciones crónicas. La IgY se transmite verticalmente desde el suero hasta la yema del huevo, en las aves es la principal inmunoglobulina que se transfiere para proteger a la descendencia (Binte, 2014). En general, las IgM e IgA se pueden encontrar en la clara del huevo, mientras que la IgY predomina en la yema, donde las concentraciones variarán según la concentración de esta misma en el suero sanguíneo, la IgY llegará aproximadamente después de 5 días para ser depositada en el huevo. La concentración de IgY en la yema varía entre los 10 a 20 mg/mL siendo un total de 100 a 400 mg de IgY por huevo (Chacana y col., 2004).

### 1.12.2. Antecedentes de la IgY

Los anticuerpos IgY son inmunoglobulinas séricas en aves, reptiles y anfibios, y se transfieren de suero a la yema de huevo para conferir inmunidad pasiva a sus embriones y

cría (Diraviyam y col., 2014). El descubrimiento de las IgY se realizó a finales del siglo XIX por Klemperer (1893), él demostró que extractos de yema de huevo obtenidos a partir de gallinas hiperinmunizadas contra la toxina tetánica, eran capaces de proteger a ratones inoculados con la misma toxina.

Desde 1996 la producción y el uso de la IgY se conoce como " Tecnología IgY ", denominación propuesta por el Dr. C. Staak en 1995, actualmente se emplea como una terminología estándar (Chacana y col.,2004). El aislamiento de estos anticuerpos inicia por la eliminación de lípidos de la yema, posteriormente se obtiene la fracción soluble en agua por medio de precipitación a base de sales, filtración en gel o cromatografía. Además de ser utilizados en tratamientos contra patógenos gastrointestinales también pueden ser utilizados para inmunoensayos enzimáticos, para fines diagnósticos (Ferreira, 2018) y de investigación, siendo la más prometedora su uso para la inmunización pasiva para prevenir enfermedades humanas y animales (Diraviyam y col. 2014).

La inmunidad pasiva consiste en proporcionar anticuerpos preformados para proteger contra alguna infección y proporciona protección inmediata, pero de corta duración y que dura varias semanas (Kovacs, Nolan y Mine, 2012).

### ***1.12.3. Características de la IgY***

Actualmente la IgY es conocida como una inmunoglobulina de bajo peso molecular y son encontradas únicamente en mamíferos. Su estructura molecular es similar a la IgG, solo que la IgY cuenta con dos cadenas pesadas con una masa molecular de 67.7 kDa y dos cadenas ligeras con una masa molecular de 25 kDa cada una (Narat, 2003) (Figura 5). Las cadenas pesadas cuentan con un dominio variable y cuatro dominios constantes, el peso molecular de la IgY es de aproximadamente 1 67.250 Daltons y el punto isoeléctrico puede ir de 5.7 y 7.6 (Chacana y col., 2004)

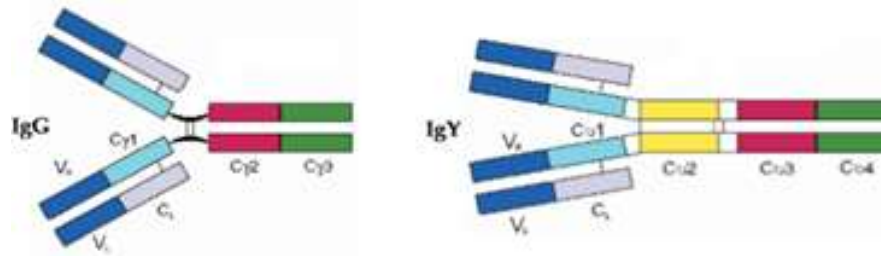


Figura 5. Diferencias entre IgG e IgY  
Fuente: Narat (2003)

#### 1.12.4. *Modos de acción*

Aun no se determina los mecanismos por los cuales la IgY contrarresta al patógeno. Entre las propuestas que se han mencionado son la aglutinación, mecanismo de adherencia-bloqueo y la opsonización, mecanismos por los cuales la IgY se adhiere a los microorganismos impidiendo su replicación y la secreción de sustancias tóxicas (Xu y Cranwell, 2003).

#### 1.12.5. *Estabilidad de la IgY*

El huevo contiene filtros de protección contra la contaminación externa, tal es el caso de sus membranas, las cuales contienen lisozima y ovotransferrinas las cuales funcionan como antimicrobianos, si una bacteria llegara a penetrar, la migración hacia la yema dependerá de la calidad del huevo y de su almacenamiento. El crecimiento de *Salmonella* a temperaturas de 4° C prácticamente es imposible además de que esta temperatura funciona como un efecto bacteriostático (Baron y Jan, 2011). El correcto manejo del huevo y el correcto almacenamiento proveerá la integridad de la yema y por lo tanto la integridad de las proteínas encontradas en ella en especial la IgY.

IgY es estable a pH 4-9 y hasta 60-70° C en condiciones acuosas (Shimizu y col., 1992; Chacana y col., 2004). Esta inmunoglobulina, al ser administrada de manera oral, llega al estómago y puede haber una pérdida de su actividad debido a la degradación por el ácido clorhídrico. Por otro lado las condiciones saladas o la adición de reactivos estabilizadores aumentan su resistencia al calor, al pH ácido extremo y alta presión (Shimizu y col., 1992).



**1.12.6. Ventajas de la IgY**

El uso de la IgY es una alternativa que atrae cada vez más el interés de la comunidad científica (Schade y col. 2005), además de tener muchas más ventajas en comparación con la inmunoglobulina G (IgG) de mamíferos (Xu y col., 2011) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de IgG de mamíferos e IgY aviar

PARAMETROS	IgG de mamíferos	IgY Aviar
Muestra para obtención de anticuerpo	Invasivo	No invasivo
Cantidad de anticuerpos	200 mg de IgG por sangrado (40 mL de sangre)	50-100 mg IgY por huevo (5-7 huevos por semana)
Cantidad de anticuerpos por mes	200 mg	~1500 mg
Cantidad de anticuerpos específicos	~5%	~2-10%
Interferencia con IgG de mamíferos	Si	No
Activación del complemento	Si	No

Fuente: Binte (2014)

Xu y col. (2011) mencionan que las principales ventajas para el uso de la IgY están dadas porque son altamente efectivas, son rentables, la recolección de huevos no es invasiva, el tratamiento es seguro, el procedimiento es respetuoso con el medio ambiente, no se producen residuos tóxicos, no hay desarrollo de resistencia y el tratamiento puede ser usado para controlar muchos tipos diferentes de patógenos.

En el caso del uso en los cerdos, la IgY ofrece una gran ventaja como lo es la mejora de conversión alimenticia y disminución del porcentaje de mortalidad en comparación de otras alternativas para evitar el uso de antibióticos, esta comparación puede observarse en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Efecto del anticuerpo de yema de huevo, óxido de zinc, ácido fumárico y el antibiótico sobre el rendimiento en porcinos

	Control	IgY	Óxido de zinc	Ácido fumárico	Carbadox
Peso ganado g/d	100.9	151.2	158.9	155.4	152.6
Consumo de alimento g/d	141.0	208.1	214.7	211.6	222.4
Conversión alimenticia	1.39	1.38	1.35	1.36	1.45
Días de diarrea	7	3	4	5	4
Mortalidad %	40.0	6.6	13.3	6.6	13.3

Fuente: Modificado de Owusu y col., (2003) y Thacker (2013)

### ***1.12.7. Producción de IgY***

Para producir anticuerpos IgY específicos, las gallinas deben ser inmunizadas con patógenos específicos para inducir su respuesta inmune la cual producirá anticuerpos contra esas enfermedades específicas los cuales serán transferidos a la yema de huevo. Se necesitará una vacunación de refuerzo para garantizar la transferencia continua de anticuerpos (Li y col. 2015).

Schade y col. (1996), explican las condiciones para realizar la correcta hiperinmunización de las aves de las cuales se obtendrá la yema de huevo, entre las que destacan los siguientes pasos:

- El espacio donde serán colocadas las aves debe tener las condiciones que simulen su comportamiento normal.
- El acceso al área de investigación será de uso exclusivo de las personas que estén a cargo del proyecto, las cuales no deben de tener contacto con ninguna otra ave de corral.
- De preferencia, se deben de usar jaulas con un máximo de dos aves.
- El uso de cepas comerciales ha dado buenos resultados, pero es preferible el uso de cepas puras para que el estímulo de anticuerpos genere titulaciones más altas.
- Realizar protocolos de inmunización antes de que las aves rompan postura, ya que se puede provocar estrés por la manipulación de las aves y esto puede afectar la producción de los huevos.
- La aplicación del biológico deberá ser aplicado por vía intramuscular en caso de polluelos y de manera subcutánea para aves adulta.
- La recolección de huevos se podrá llevar a cabo después de seis semanas de la primera aplicación de vacuna para adyuvantes de tipo emulsión y cuatro semanas para adyuvantes lipopeptídicos.

Posteriormente se realiza la extracción y purificación, la administración de los anticuerpos puede darse de manera directa al animal o incorporado a la dieta de los animales, pudiendo ser a través de huevo entero en polvo, yema entera en polvo o IgY purificada (Li y col. 2015)

La administración oral de inmunoglobulina de yema de huevo (IgY) ha atraído una atención considerable como medios de control de enfermedades infecciosas de origen bacteriano y viral. La administración oral de IgY ha demostrado que es eficaz contra una variedad de agentes patógenos diarreicos y otras enfermedades que atacan a cerdos, bovinos, gallinas, humanos, perros y especies acuáticas (Kovacs y Mine, 2012).

#### ***1.12.8. Extracción y conservación de la IgY***

Existen diversas técnicas para la extracción y purificación de la IgY, entre los que estacan procesos de cromatografía, precipitación con sulfato de sodio, amonio, dextrano o polietilenglicol, procesos que pueden ser llevados actualmente por medio de kits comerciales (Spillner y col., 2012).

Debido a la inestabilidad de la IgY ante medio ácidos, se han desarrollado técnicas donde la inmunoglobulina ha sido encapsulada dentro de liposomas obteniendo mejores resultados que la IgY administrada directamente. Como medio de conservación se ha utilizado la congelación donde se ha comprobado que las temperaturas de  $-20^{\circ}\text{C}$  no afectan la concentración de la IgY (Chacana y col., 2004).

Para la conservación natural de los huevos y prevenir la descomposición de la albumina y la yema se ha comprobado que un huevo disminuye alrededor del 2% de su peso cuando se mantiene a  $10^{\circ}\text{C}$  y un 5% cuando se mantiene a  $21^{\circ}\text{C}$  después de 20 días de almacenamiento, por lo que se recomienda refrigeraciones inferiores a  $7^{\circ}\text{C}$  (Preciado y col., 2015).

#### ***1.12.9. Uso de la IgY en la producción porcina***

La IgY dentro de la investigación científica ha sido utilizado en diferentes áreas, ha sido empleado en la detección y cuantificación de anticuerpos y antígenos utilizando técnicas como Inmunodifusión, ELISA y Western Blot ( Munhoz y col., 2014). También ha sido utilizado con fines terapéuticos, como una herramienta para la purificación o detección de antígenos y como agente protector en la inmunización pasiva (Narat, 2003).

En los cerdos las aplicaciones potenciales para el uso de IgY es como uso terapéutico y preventivo, administrado por vía oral en el control de infecciones entéricas de bacterias origen bacteriano y viral en lechones se han estudiado en profundidad.

Por ejemplo, Diraviyam (2014), realizó un metaanálisis de diferentes investigaciones de años anteriores, del uso de la IgY para el control de diarreas, donde evaluó 22 artículos revelando que el uso de la IgY redujo significativamente el riesgo de diarrea, promoviéndolo como uso preventivo y terapéutico como alternativa al uso de antibióticos, además de utilizarse en enfermedades también para contrarrestar las infecciones de tipo viral. En la mayoría de los estudios realizados han sido para evaluar el uso de la IgY en lechones para el control terapéutico y preventivo de enfermedades diarreicas, principalmente de *Escherichia coli* enterotoxigénica (ETEC), aunque también se han usado para el control de rotavirus humano, diarrea epidémica porcina (DEP) y gastroenteritis transmisible del cerdo (GTC) (Li y col., 2015).

En investigaciones más recientes, Aluko y col. (2017), utilizaron la cepa de *E. coli* K88<sup>+</sup> como desafío para evaluar el rendimiento y la incidencia de diarreas concluyendo que no hay un mayor rendimiento pero si hay una disminución de diarreas, sugiriendo que se deben de realizar mayores estudios para poder demostrar las ventajas del uso de la IgY.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de IgY tanto de huevo de gallinas hiperinmunizadas y no hiperinmunizadas sobre los parámetros productivos y la carga bacteriana de *Salmonella* y *Escherichia coli* en las etapas de lactancia y post destete.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1. HIPÓTESIS

La administración de IgY de yemas de huevo de gallinas hiperinmunizadas permitirá mejorar los parámetros productivos del lechón y disminuir la carga bacteriana de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp durante las etapas de lactancia e iniciación.

### 2.2. OBJETIVOS

#### 2.2.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de diferentes dosis de IgY tanto de huevo de gallinas hiperinmunizadas y no hiperinmunizadas sobre los parámetros productivos y la carga bacteriana de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp en las principales etapas de producción de cerdos.

#### 2.2.2. *Objetivos específicos*

- 2.2.2.1. Determinar la concentración de IgY en huevo de gallinas no hiperinmunizadas e hiperinmunizadas.
- 2.2.2.2. Determinar parámetros productivos (Peso Inicial, Ganancia Diaria de Peso, Conversión Alimenticia, Porcentaje de presencia de diarreas y Mortalidad) en lechones en etapas de lactancia e iniciación.
- 2.2.2.3. Cuantificar las UFC de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp de los lechones en las etapas de lactancia e iniciación.
- 2.2.2.4. Evaluar los resultados obtenidos para determinar el costo beneficio del uso de la IgY como tratamiento preventivo y terapéutico.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la unidad avícola experimental de la Posta Zootécnica y en tres diferentes unidades de producción porcina.

La primera fase del estudio que consistió en la obtención del huevo y trabajo experimental con los primeros 15 lechones se llevó a cabo en el área pecuaria de la Posta Zootécnica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes en los meses de enero-marzo de 2020. La segunda fase que consistió en realizar otra repetición experimental con 30 lechones se llevó a cabo en las granjas porcinas PROCER GENETICS y Las Nubes, ubicadas en la comunidad de Jaltomate, Municipio de Aguascalientes y en la comunidad de la Chaveña, Municipio de Jesús María respectivamente, en los meses de julio-septiembre de 2020 (Figura 6).

En general, en el estado de Aguascalientes predomina el clima semiseco en el 86% de su territorio, el 14% presenta clima templado subhúmedo. La temperatura más alta (30°C o más), se presenta en los meses de mayo y junio y la más baja, es alrededor de 4°C, en el mes de enero. Las lluvias son escasas, la precipitación fluvial de 485.3 mm y se presentan con más abundancia durante el verano (CONAGUA, 2020).



Figura 6. Ubicación de las unidades de producción.  
Fuente. Google Earth, obtenido en noviembre de 2020

### 3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS EXPLOTACIONES

Cuadro 15. Características de las granjas donde se realizó la etapa experimental del estudio de investigación

Explotación	Ubicación	Ciclo	Número de animales
Unidad experimental Avícola	Posta Zootécnica, Jesús María	Postura	80
Unidad porcina	Posta Zootécnica, Jesús María	Completo	60
PROCER GENETICS	Jaltomate, Aguascalientes	Sitio 1	350
Las Nubes	La Chaveña, Jesús María	Completo	100

### 3.3. MATERIAL BIOLÓGICO

#### 3.3.1. Gallinas

Se utilizaron 80 gallinas estirpe Bovans White de 100 semanas de edad con un peso promedio de  $1.600 \pm 0.100$  kg y de segundo ciclo de producción.

#### 3.3.2. Cerdas

Se utilizaron 7 cerdas de  $250 \pm 20$  kg, de raza Landrace-York Pietrain con 12 tetillas de buena conformación, alineadas y funcionales, hembras de tercer parto, no presentaron problemas distócicos y sin signos de enfermedad.

#### 3.3.3. Lechones

De los partos se realizó una selección de 45 lechones machos y hembras de cruce Landrace-York Pietrain-Duroc, con un peso promedio inicial de  $1.911 \pm 0.290$  kg y sin signos de enfermedad.

### 3.4. MANEJO DE LAS GALLINAS Y HUEVO

Las gallinas se alimentaron a base de una dieta isoproteica e isoenergética con un 14% de proteína y 2,800 kcal y un 0.3% de calcio y agua de manera *ad libitum*. Se alimentó con una dieta controlada a 120 g por día, se llevó a cabo un protocolo de 16 horas-luz, la cual fue

monitoreada y regulada a través de un temporizador de 24 horas (modelo TEMP-24, marca Steren; México).

Se colocaron dos gallinas por jaula y se dividieron en dos grupos: 60 gallinas fueron vacunadas con tres aplicaciones de 0.5 mL vía subcutánea a intervalos de 0, 21 y 42 días con una bacterina mixta porcina que contiene 2,500 millones de gérmenes de *Pasteurella multocida* tipos A y D, 1,250 millones de gérmenes de *Escherichia coli* y 1,250 millones de gérmenes de *Salmonella choleraesuis* en Vehículo, c.b.p. 1 mL (Bacterina Mixta Porcina, MSD, Estados Unidos de América). Las aves no presentaron reacciones adversas. A las 20 gallinas restantes no se les realizó ningún manejo. Después de cuatro semanas de la última aplicación el huevo se recolectó, clasificó y almacenó a una temperatura de 4° C. Se almacenaron un total de 300 huevos por lote.

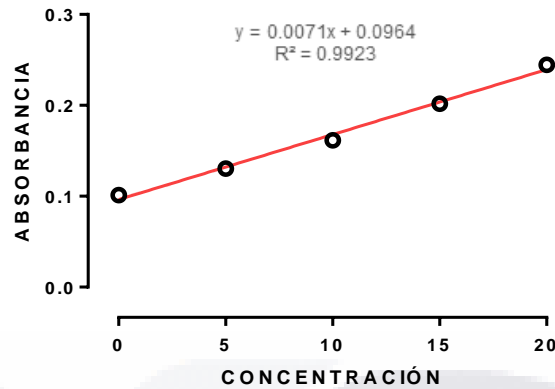
#### **3.4.1. Extracción y purificación de la IgY de la yema de huevo**

Se seleccionaron al azar 10 huevos en total, cinco por lote, los cuales se llevaron al Laboratorio de Investigación del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, donde se realizó la extracción y purificación de la IgY, se utilizó el Kit de la empresa Gallus Immunotech (Cat. No. IK 2000, Carolina del Norte, EE. UU.), que contiene un reactivo A (4 x 500mL) y un reactivo B (4 x 500mL) (Anexo A).

#### **3.4.2. Cuantificación de la IgY**

Se realizó curva de calibración mediante diluciones de Albumina Sérica Bovina (ASB) en concentraciones de 0, 5, 10,15 y 20 mg/mL (Figura 9). Se realizó la cuantificación de proteínas totales a través de espectrofotometría por medio de reacción de Biuret (Gornall, 1949) utilizando el espectrofotómetro CARY 100 (Anexo B), obteniendo una concentración de 9 mg/mL de yema de ambos lotes del huevo analizado.





Gráfica 4. Curva de calibración de proteínas, los resultados son expresados en mg de ASB/mL.

### 3.4.3. Preparación de dosis de IgY

Las dosis se prepararon el mismo día de administración de tratamiento según el registro de los pesos de los animales. Los huevos se quebraron y se obtuvieron las yemas mediante un separador de plástico, posteriormente se realizó la mezcla y homogenización de las yemas de manera manual. Una vez homogenizadas las yemas se diluyeron en una concentración de 1:2 con agua destilada estéril. El total de huevos utilizados para el desarrollo del proyecto fueron 235 huevos de gallinas hiperinmunizadas y 235 huevos de gallinas no hiperinmunizadas.

### 3.5. MANEJO DE LA CERDAS AL PARTO

Se sincronizó el parto de las siete cerdas un día antes a la fecha probable de parto con prostaglandina PG2α (Lutalyse, Zoetis, Querétaro, México) a una dosis única de 2 mL. Al momento del parto se llevó a cabo el registro de información en tarjetas de identificación de la cerda; fecha de parto, número de animales nacidos vivos, número de animales nacidos muertos, momias y otros datos como manejos y administración de medicamentos. Se proporcionó agua *ad libitum* durante todo el periodo de lactancia y respecto a la alimentación, el día del parto no se proporcionó alimento, se fue administrando paulatinamente conforme la demanda de la cerda hasta llegar a administrar 7 kg/día (aproximadamente al cuarto día) se repartió una vez en la mañana y una vez por la tarde.

### 3.6. MANEJO DEL LECHÓN

En la primera fase del estudio los cerdos se distribuyeron al azar en cinco tratamientos con tres repeticiones, fue desarrollada en la Unidad Porcina de la Posta Zootécnica. Para la segunda fase del estudio los cerdos se distribuyeron al azar en cinco tratamientos con seis repeticiones, la etapa de lactancia fue desarrollada en la Unidad Porcina PROCER GENETICS y en la etapa de destete los animales fueron trasladados a la Unidad Porcina Las Nubes.

El día del nacimiento de los lechones, se les realizó diferentes manejos, como el secado con toallas de papel, corte y desinfección de ombligo con yodo y proporción de calor suplementario a través de lámparas infrarrojas de 100W. Los lechones se pesaron y se seleccionaron 45 lechones, machos y hembras, cruce Landrace-York Pietrain, recién nacidos con un peso promedio de  $1.600 \pm 0.500$  kg. Se procedió a realizar la identificación individual por medio de un arete plástico de 3.8X1 cm (Allflex; Francia). Una vez identificados los lechones, se realizó asepsia del recto con alcohol al 96%, se tomaron muestras de aproximadamente 3g de heces por lechón, estimulando el recto con un hisopo estéril, las muestras se depositaron en un frasco estéril, se colocaron en hielera con refrigerantes hasta su llegada al laboratorio, inmediatamente se almacenaron en un refrigerador doméstico a 4°C hasta su posterior cultivo, este procedimiento se repitió a los 15, 30, 45 y 60 días de edad. A los tres días se realizó castración de machos con bisturí No. 3 y aplicación de 1 mL de hierro (Hemogen, ProquiVet; Colombia) en general para todos los lechones.

Se les asignaron cinco tratamientos de manera aleatoria, C (Control): 0 mg de IgY, H5: 5 mg de IgY hiperinmunizada, H10: 10 mg de IgY hiperinmunizada, NH5: 5 mg de IgY no hiperinmunizada y NH10: 10 mg de IgY no hiperinmunizada. Se les administró cada una de las dosis de IgY al día 0 en la primera hora de nacido y posteriormente cada tercer día, finalizando al día 60, se ajustó la dosis según al peso que fue medido cada 5 días. Durante el periodo de lactancia se administró de manera *ad libitum* un alimento comercial Fase 1 (F1) a partir del día 5. El destete se realizó de manera abrupta al día 30, los lechones fueron separados por grupo de tratamiento y fueron colocados en jaulas elevadas. Se continuó con la administración de alimento Fase 1 (F1) de manera *ad libitum* durante 15 días,

posteriormente se cambió a una Fase 2 (F2) por 5 días y por último se realizó cambio a alimento de Fase 3 hasta el día 60 de edad.

### ***3.6.1. Evaluación de parámetros productivos***

#### ***3.6.1.1. Peso inicial (PI)***

Los lechones se pesaron en una báscula digital (PCR-40 kg, exactitud 0.005 kg, Monterrey, México), en el día de nacimiento, se registró en bitácora y posteriormente en hoja de cálculo Excel.

#### ***3.6.1.2. Ganancia Diaria de Peso (GDP)***

Los lechones se pesaron en una báscula digital (Torrey PCR-40 kg, exactitud 0.005 kg) al día 0 y posteriormente cada 5 hasta el día 60. Al peso obtenido se le restó el peso al nacimiento y este resultado se dividió entre la cantidad de días transcurridos de vida para obtener una ganancia media diaria de peso, se llevó a cabo el registro de los datos obtenidos en bitácora y posteriormente en hoja de cálculo Excel.

#### ***3.6.1.3. Consumo de Materia Seca (CMS)***

El día del destete se colocó alimento a libre acceso, se fue proporcionando más según a demanda de los grupos de tratamiento, se pesó el alimento sobrante al día 60. Se sumó el total registrado en bitácoras y se dividió en el total de días y entre el total de lechones. Todos los datos fueron registrados posteriormente en hoja de cálculo Excel.

#### ***3.6.1.4. Conversión Alimenticia (CA)***

Los CMS se dividieron entre las GDP de lo 30-60 días de edad. Los datos se registraron en una hoja de cálculo Excel.

#### ***3.6.1.5. Porcentaje de presencia de diarreas***

Para calcular el porcentaje de presencia de diarreas se tomaron en cuenta el número de lechones enfermos entre el total de lechones de cada tratamiento, el resultado se multiplicó por 100, se llevó a cabo el registro de los datos obtenidos en bitácora y posteriormente en una hoja de Excel. Para la evaluación de la consistencia de las heces se utilizó una puntuación del 0 al 3 utilizada por Marquardt y col. (1999): heces normales, 1 heces blandas, 2 diarrea leve y 3 diarrea severa).

Para los animales con presencia de diarrea se estableció un protocolo de tratamiento. Se administró 250,000 U.I/5 kg de sulfato de colistina combinado con caolín 150 mg/5kg/VO cada 12 horas y una combinación de amoxicilina con gentamicina a razón de 150mg/40.000 UI/10 kg/IM por tres días, para los animales que continuaron con diarrea después del día tres de tratamiento se administró una dosis de ceftiofur sódico a dosis de 3 mg/kg en una sola aplicación.

#### **3.6.1.6. Mortalidad**

Se llevó un registro de las muertes por tratamiento. Para calcular el porcentaje se tomó en cuenta el número de lechones muertos entre el número total de lechones de cada tratamiento, el resultado se multiplicó por 100, se llevó a cabo el registro de los datos obtenidos en una bitácora y posteriormente en una hoja de Excel.

### **3.6.2. Evaluación de heces en laboratorio**

#### **3.6.2.1. Determinación de las UFC/g de heces**

Se tomaron muestras de heces a los 0, 15, 30, 45 y 60 días de edad de los lechones en estudio. Para la toma de muestra, se realizó asepsia previa del recto de los lechones con torundas impregnadas con alcohol al 96%. La muestra se tomó directo del recto a través de la estimulación con un hisopo estéril.

Las muestras obtenidas de lechones fueron depositadas en un frasco estéril y fueron almacenadas en una hielera térmica con refrigerantes, estas muestras se llevaron inmediatamente al laboratorio de Investigación del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, inmediatamente se almacenaron en un refrigerador doméstico a 4°C en lo que se preparaba el material a utilizar. Posteriormente se realizaron diluciones seriadas con un gramo de heces y 9 mL de agua destilada estéril a las cuales se les realizó la Cuenta en placa de bacterias mediante la técnica de vertido en placa (Camacho y col.) (Anexo C) en medio Estándar para Cuantificación, XLD y EMB. Los medios de cultivo se colocaron en una incubadora BINDER (BD-2, BINDER, Tuttingen, Alemania) a 37° C por 36 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación se procedió a realizar la cuantificación de UFC/g de heces (Anexo D). Se realizó una descripción macroscópica de las colonias tomando en cuenta, tamaño, forma y cambios en los medios.

### **3.6.2.2. Aislamientos bacterianos**

De las colonias identificadas en la superficie de los medios XLD y EMB se realizó un aislamiento por agotamiento por estría (Gamazo y col., 2005) (Anexo E) en placas sólidas XLD y EMB, estas placas se incubaron a 37° C por 24 horas en una incubadora BINDER (BD-2, BINDER, Tuttlingen, Alemania).

### **3.6.2.3. Pruebas bioquímicas**

Por último, se tomó otra muestra y se inoculó en tubos con medio TSI (Triple azúcar y hierro), LIA (Lisina y hierro), MIO (Movilidad, Indol y Ornitina), SIM (Ácido sulfúrico, Indol y motilidad) y Citrato de Simmons (Citrato de Sodio) se incubaron a 37° C por 24 horas.

Se determinó la identificación de bacterias según la reacción de cada prueba bioquímica (Velasco, 2020) (Anexo F).

### 3.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con mediciones repetidas (Hernández, 2014).

Se realizó una selección por cuotas de lechones machos y hembras de cinco hembras recién paridas. Se tuvieron cinco tratamientos con 9 repeticiones de cada uno (n=9, total 45 animales); en el Cuadro 16 se muestra la distribución de tratamientos y dosis.

Cuadro 16. Distribución de tratamientos

		NOMBRE DEL TX	n LECHONES	DOSIS de IgY (mg/kg)	Yema mL
I	Control	C	9	0 <sup>b</sup>	0
II	Yema de huevo de gallina hiperinmunizada	H5	9	5	0.55 <sup>a,c</sup>
III	Yema de huevo de gallina hiperinmunizada	H10	9	10	1.1 <sup>a,c</sup>
IV	Yema de huevo de gallina no hiperinmunizada	NH5	9	5	0.55 <sup>a,c</sup>
V	Yema de huevo de gallina no hiperinmunizada	NH10	9	10	1.1 <sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Dilución 1:2 (dilución con agua destilada estéril)

<sup>b</sup> Tratamiento a base de agua

<sup>c</sup> La cuantificación e IgY en un mL de yema fue de 0.9 mg

Para la obtención de huevo hiperinmunizado y no hiperinmunizado, se recibieron 80 gallinas estirpe Bovans White de 100 semanas en segundo ciclo de producción, las cuales se dividieron en dos grupos: para el grupo de gallinas hiperinmunizadas se seleccionaron 60 gallinas las cuales se vacunaron en tres ocasiones con una bacterina mixta porcina que contenía gérmenes de *Pasteurella multocida* tipos A y D, *Escherichia coli* y *Salmonella choleraesuis*, a intervalos de 21 días; para el grupo de gallinas no hiperinmunizadas se seleccionaron 20 gallinas a las cuales no se les realizó ningún tipo de manejo. A ambos grupos se les proporcionó 120 g de alimento, agua libre acceso y 16 horas luz al día. A partir de los 21 días posteriores a la última vacunación se inició la recolección del huevo, el cual se almacenó a 4° C. De ambos grupos se seleccionó al azar 5 huevos los cuales fueron llevados al Laboratorio de Investigación del Centro de Ciencias Agropecuarias de la

Universidad Autónoma de Aguascalientes donde se realizó la extracción y purificación de la IgY. Posteriormente se llevó a cabo la cuantificación de proteína total por medio de espectrofotometría con reactivo Biuret obteniendo una concentración de 9 mg de IgY/mL de yema.

Se llevó a cabo la sincronización de partos un día antes de la fecha probable de parto, al día siguiente se llevó a cabo el manejo de los lechones en cuanto a la atención al nacimiento.

A cada lechón se le colocó un arete de identificación. Se pesaron todos los animales de cada uno de los tratamientos, se registró su peso inicial, se administró su primera dosis de IgY según su peso en la primera hora de nacido y se realizó la obtención de heces rectales para realizar la determinación de UFC/g de heces. Posteriormente se realizó repetidamente los mismos manejos a los 15, 30, 45 y 60 días, llevando el registro de toda la información del peso de los animales, consumo de materia seca, se calculó la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, se registró la presencia de diarreas y mortalidad.

### **3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

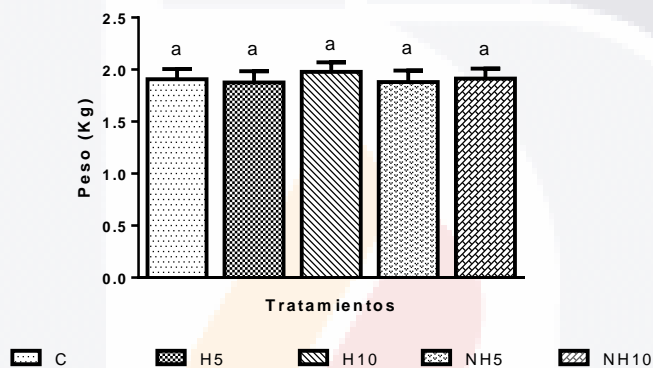
Una vez que se realizó la recopilación de información de las muestras repetidas de los diferentes tratamientos, los datos fueron ordenados y codificados en la base de datos Excel (Microsoft Office 365), los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba LSD (Diferencia mínima significativa por sus siglas en inglés) de Fisher para la comparación de medias, con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  en el software Statistical Analysis System (SAS, 1999) (Anexo G)

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

#### 4.1.1. *Peso al nacimiento*

El peso al nacimiento de los lechones seleccionados para los diferentes tratamientos no mostró diferencia significativa ( $p>0.05$ ). El peso promedio al nacimiento para todos los lechones fue de  $1.911\pm 0.290$  (Gráfica 5).

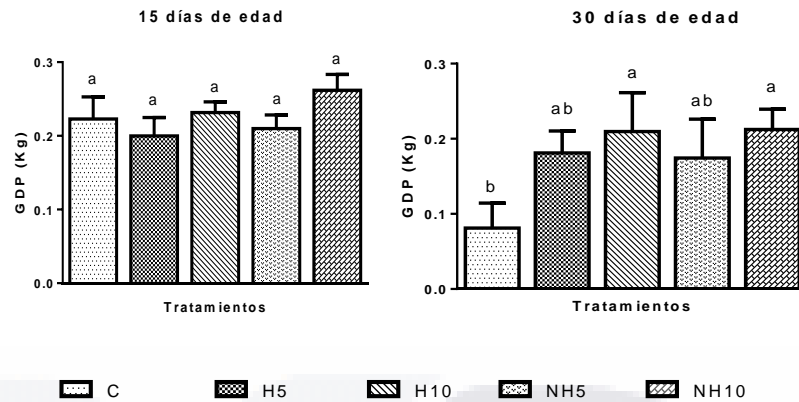


Gráfica 5. Peso al nacimiento de lechones. Se muestran medias y desviación estándar. Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

#### 4.1.2. *Ganancia Diaria de Peso (GDP)*

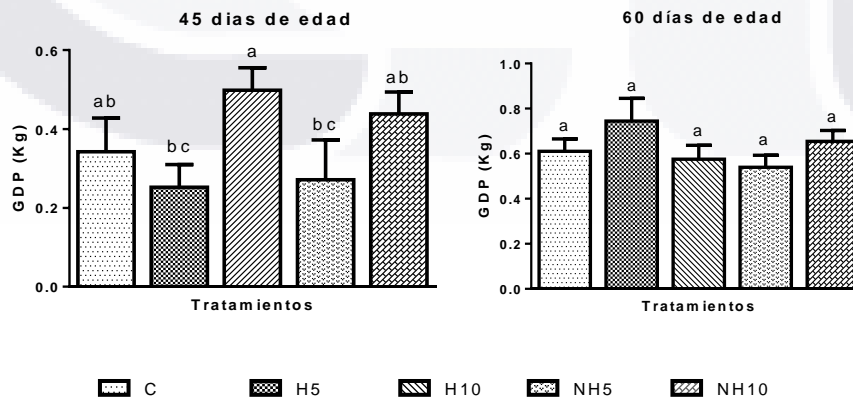
En la Gráfica 6 se observan las GDP que tuvieron los lechones en el transcurso de la lactancia del día 15 y 30 de edad. A los 15 días se obtuvo una mejor GDP en los lechones que recibieron tratamiento de 10 mg de IgY no hiperinmunizada (NH10) ( $0.216\pm 0.022$  kg) ( $p>0.05$ ). Para la edad de 30 días de nacido se obtuvo una mejor GDP en los lechones que recibieron IgY hiperinmunizada en dosis de 10 mg (H10) ( $0.210\pm 0.052$  kg) como no hiperinmunizada en dosis de 10 mg (NH10) ( $0.212\pm 0.027$  kg), por otro lado, los lechones control (C) obtuvieron la menor GDP ( $0.081\pm 0.033$  kg) ( $p<0.05$ ).





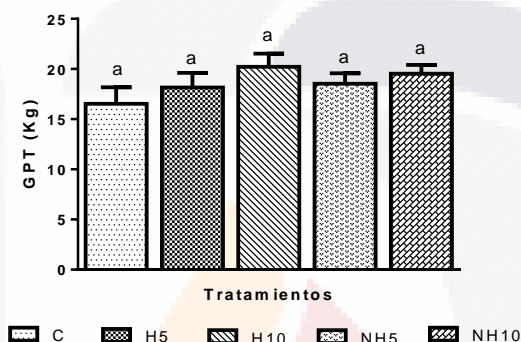
Gráfica 6. Ganancia Diaria de Peso (GDP) en lechones de 15 y 30 días de edad. Se muestran medias y desviación estándar. Literales diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

En la gráfica 7 se observan las GDP del post destete que corresponde a los 45 y 60 días de edad. A los 45 días los lechones que recibieron tratamiento de dosis de 10 mg de IgY hiperinmunizada (H10) obtuvieron mayor GDP (0.498±0.571 kg), los lechones tratados con dosis de 5 mg de IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada (H5 y NH5) obtuvieron una menor GDP (0.252±0.057 y 0.271±0.101 kg) (p<0.05). Para el día 60 de edad se observó un aumento considerable en la GDP para todos los lechones, recuperándose aquellos que recibieron tratamientos de dosis de 5mg de IgY hiperinmunizada (H5), obteniendo la mejor GDP (0.744±0.101 kg) (p>0.05).



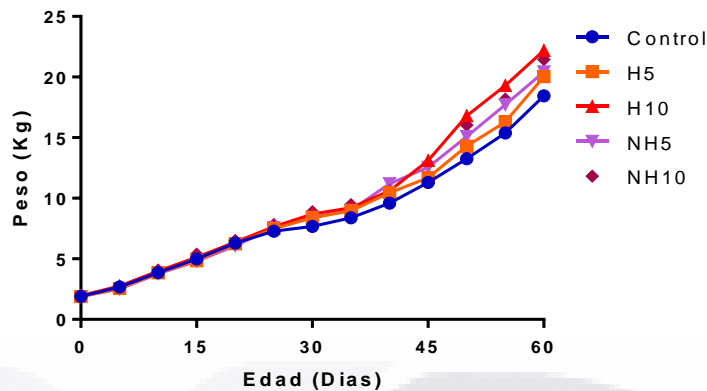
Gráfica 7. Ganancia Diaria de Peso (GDP) en lechones de 45 y 60 días de edad. Se muestran medias y desviación estándar. Literales diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

En la Gráfica 8 se observa la Ganancia de Peso Total (GPT) desde el día de nacimiento al día 60 de edad. Los lechones que recibieron tratamiento de IgY hiperinmunizada en dosis de 10 mg (H10) fueron los que obtuvieron mejor ganancia de peso en el transcurso de toda la etapa experimental del proyecto ( $20.210 \pm 1.319$  kg). Los lechones que obtuvieron la menor ganancia de peso fueron los lechones del grupo control (C) ( $16.539 \pm 1.646$ ) ( $p > 0.05$ ), siendo una diferencia de 3.671 kg aproximadamente entre los lechones con tratamiento de H10 y C.



Gráfica 8. Ganancia de Peso Total (GPT) de lechones en post destete. Se muestran medias y desviación estándar Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

La curva de crecimiento de los lechones (Gráfica 9) muestra un incremento ascendente en los primeros 30 días de edad que corresponde a la etapa de lactancia. Una vez que pasa el destete (día 30) se observa un ligero estancamiento en el crecimiento, aún más en los lechones Control (C). Los lechones que obtuvieron un mejor peso al final del tratamiento fueron aquellos a los que se les suministroo una dosis de 10 mg de IgY hiperinmunizada (H10) ( $\bar{X} = 22.188$  kg), siendo lo contrario los lechones Control (C) ( $\bar{X} = 18.446$  kg).



Gráfica 9. Curva de crecimiento comparativo. C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

**4.1.3. Consumo de Materia Seca (CMS)**

Los resultados en cuanto al CMS no fueron muy variables, se obtuvo una media de consumo de  $0.748 \pm 0.022$  kg, los lechones con tratamiento de 5 mg de IgY hiperinmunizada (H5) tuvieron un menor consumo de alimento por día (Cuadro 17)

Cuadro 17. Consumo de Materia Seca (CMS) en etapa de Post Destete

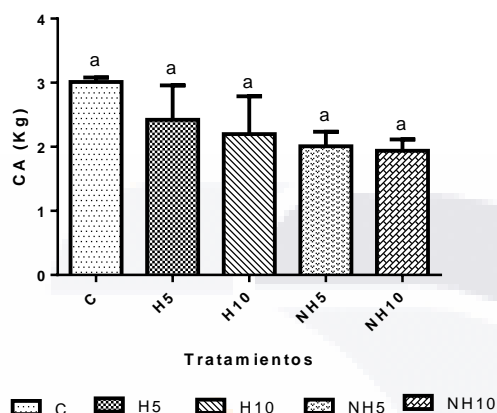
GRUPO	ALIMENTO CONSUMIDO POR GRUPO/30 DÍAS (kg)	ALIMENTO CONSUMIDO POR LECHÓN/30 DÍAS (kg)	ALIMENTO CONSUMIDO POR LECHÓN/DÍA (kg)
CONTROL	202.185	22.465	0.749
H5	192.940	21.438	0.715
H10	207.745	23.083	0.769
NH5	200.390	22.266	0.742
NH10	207.080	23.009	0.767

C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

**4.1.4. Conversión Alimenticia (CA)**

En la Gráfica 10 se observa la CA que obtuvieron los lechones en los diferentes tratamientos. Los lechones que recibieron tratamiento de IgY no hiperinmunizada en dosis de 10 mg (NH10) fueron los que obtuvieron mejor CA en el transcurso del post destete

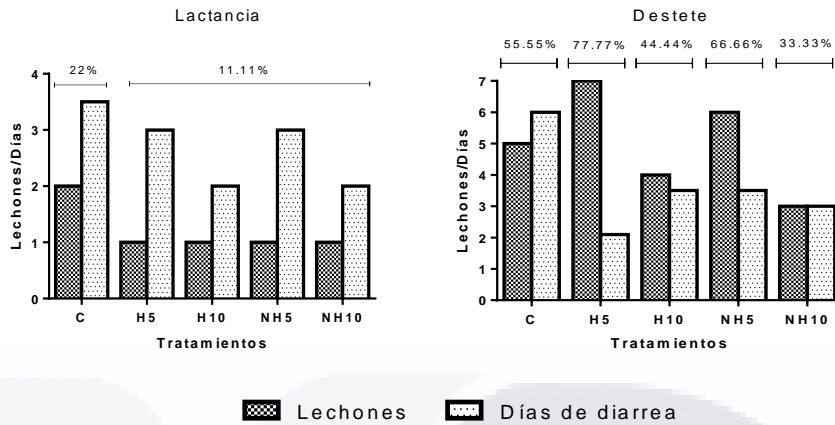
( $1.938 \pm 0.177$  kg de alimento consumido/kg de peso producido). Los lechones que obtuvieron la mayor conversión fueron los lechones del grupo control (C) ( $3.011 \pm 0.072$  kg de alimento consumido/kg de peso producido) ( $p > 0.05$ ).



Gráfica 10. Conversión Alimenticia (CA) de lechones en post destete (30-60 días). Se muestran medias y desviación estándar. Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

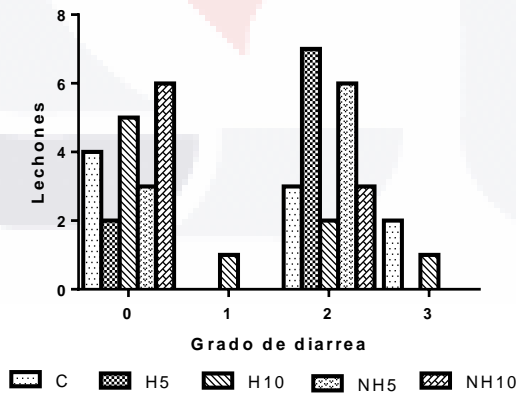
#### 4.1.5. *Porcentaje de presencia de diarreas*

El porcentaje de presencia de diarreas en etapa de lactancia y destete se pueden observar en la Gráfica 11. En la etapa de lactancia la morbilidad se mantuvo relativamente baja con un porcentaje de 22.22% para los lechones control y del 11.11% para los lechones que fueron tratados a dosis de 10 y 5 mg tanto de IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada (H5, H10, NH5 y NH10). La diarrea fue más persistente en los lechones control (C), durando un promedio de 3.5 días. En el destete se incrementó la morbilidad para todos los lechones en tratamiento aunque en este caso los lechones a los cuales se les administró una dosis de 5 mg de IgY hiperinmunizada (H5) presentó una morbilidad de 77.77%, la persistencia de la diarrea fue menor, durando tan sólo un promedio de 2 días, por el lado contrario, en los lechones control se presentó una morbilidad de 55.55% con una persistencia de 6 días en promedio.



Gráfica 11. Morbilidad de diarrea de lechones en lactancia y post destete. Se muestra el número de lechones con presencia de diarrea y los días promedio de duración de la diarrea. (n=9). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

En la Gráfica 12 se observa la clasificación del grado de diarreas que se presentaron en la etapa del post destete (30-60 días de edad). Aunque todos los animales en tratamiento presentaron un inicio de diarrea del tipo 2, los únicos lechones que presentaron una diarrea de tipo 3 fueron los controles (C) (2 lechones) y los lechones tratados con dosis de 10 mg de IgY hiperinmunizada (H10) (1 lechón). Se observa que los lechones tratados con dosis de 10 mg de IgY no hiperinmunizada (NH10) fue el grupo con menor incidencia de diarrea.



Gráfica 12. Clasificación de diarrea de lechones en post destete. Se muestra el número de lechones con presencia de diarrea (n=9). Para el grado de diarrea se toma en cuenta la siguiente clasificación. 0=heces normales, 1=heces blandas, 2= diarrea leve y 3=diarrea severa. C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

#### **4.1.6. Mortalidad**

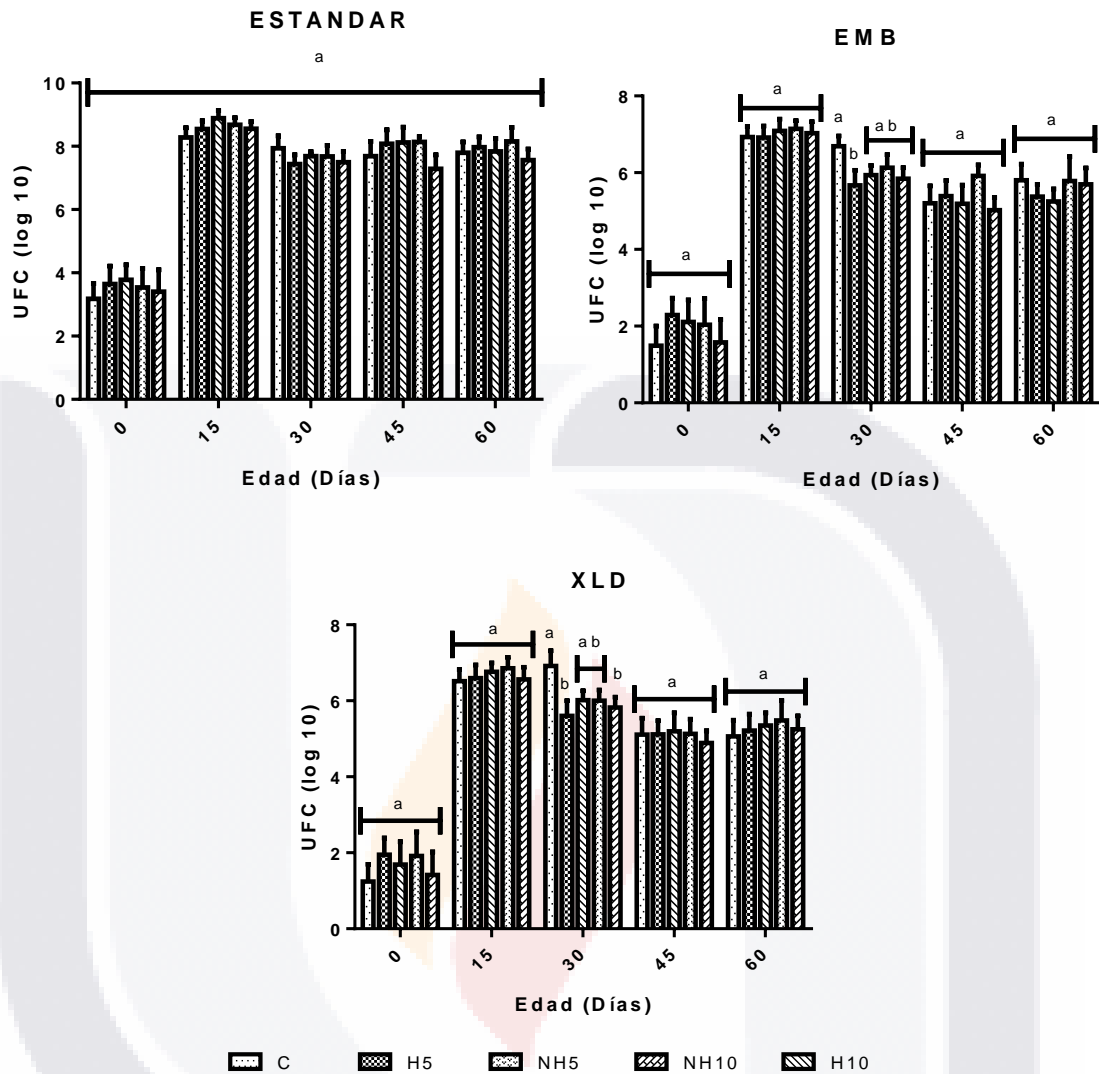
En el desarrollo del proyecto de investigación se tuvo un 0% de Mortalidad, para todos los tratamientos.

## **4.2. EVALUACIÓN DE HECES EN LABORATORIO**

### **4.2.1. Determinación de UFC/g de heces**

En la Gráfica 13 se observa la cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo de heces. Se llevó a cabo la transformación logarítmica en base 10 (Log10) para un mejor manejo de los datos.

En la cuantificación de las UFC en medio estándar, Agar Eosina Azul de Metileno (EMB) y Xilosa Lisina y Desoxicolato (XLD) se observa el mismo comportamiento, del día 0 al día 15 se eleva el número de UFC en más de un 200%, disminuye en el día 30 y comienzan a aumentar ligeramente en el día 45 en medio estándar, en los medios EMB y XLD continúan con valores similares a los obtenidos en el día 30. En relación con el análisis estadístico, en el día 30 hay un mayor número de UFC en las muestras de los lechones Control (C) de los tres medios de cultivos seleccionados para la cuantificación, con valores de  $7.938 \pm 0.394$  UFC en medio estándar,  $6.689 \pm 0.271$  UFC en medio EMB y  $6.916 \pm 0.404$  UFC en medio XLD en comparación con lechones tratados con dosis de 5 y 10 mg de IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada (H5, H10, NH5 y NH10) ( $p < 0.05$ ).



Gráfica 13. Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo de heces. Se muestra la UFC en base logarítmica 10 (Log10) en medios Estándar, EMB y XLD. Se muestran medias y desviación estándar. Literales diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

#### 4.2.2. Aislamiento bacteriano y pruebas bioquímicas

Se realizó un total de 470 aislamientos en medio EMB y 407 aislamientos en medio XLD, siendo un total de 877 pruebas bioquímicas.

En el Cuadro 18 se muestran los resultados de identificación por medio de pruebas bioquímicas. De los aislamientos de las cepas del medio EMB se obtuvo un total de 311 muestras positivas a *Escherichia coli* (66.17%) y 4 muestras positivas a *Salmonella* spp (1.49). De las cepas aisladas en medios XLD se obtuvo un total de 287 muestras positivas a *Escherichia coli* (61.06%) y 8 muestras positivas a *Salmonella* spp (1.70%). La identificación de *Salmonella* spp se obtuvo de muestras procedentes de todos los grupos de tratamientos excepto en los lechones tratados con dosis de 5 mg de IgY no hiperinmunizada (NH5). Entre las enterobacterias aisladas se encontraron *Serratia marcescens*, *Shigella* spp, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proeus mirabilis*, *Pantoea agglomerans*, *Citrobacter freundii*, *Edwardsiella tarda* y *Morganella morganii*.

Cuadro18. Identificación bacteriana en medios EMB y XLD

Medio EMB					Medio XLD			
Día	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	Otras	No id.	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	Otras	No id.
0	40	0	9	26	34	0	11	20
15	89	0	3	39	89	1 <sup>c</sup>	4	26
30	77	0	2	36	67	0	4	19
45	49	4 <sup>b, c, e</sup>	8	11	31	7 <sup>a, b, c, e</sup>	4	12
60	56	0	3	18	66	0	4	8
<b>Total</b>	<b>311</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>130</b>	<b>287</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>85</b>

Elaboración propia con resultados de la etapa de laboratorio.

Literales indican tratamiento: a: Control, b: H5, c: H10, d: NH5, e: NH10

EMB: Eosina Azul de Metileno

XLD: Xilosa Lisina y Desoxicolato

Id. Identificada

#### 4.3. EVALUACIÓN DEL COSTO BENEFICIO DEL USO DE LA IgY

En el Cuadro 19 se observan la evaluación realizada en cuanto al Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión Alimenticia (CA), los costos totales de la alimentación y costos de tratamientos administrados a los lechones que presentaron diarrea en etapa de post destete. Se puede observar que los lechones Control (C) tuvieron un CMS mayor (202.185 kg) y por



lo tanto una mayor CA ( $3.011 \pm 0.072$ ) en comparación a los lechones que recibieron algún tratamiento con IgY. Los lechones que recibieron una dosis de 10 mg de IgY hiperinmunizada (H10) tuvieron un gasto más elevado en alimentación, pero esto se relaciona a que fueron los lechones que tuvieron un CMS mayor. Los costos de tratamiento para los lechones que presentaron diarrea fueron mayores en los lechones control (C) (\$104.14).

Cuadro 19. Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión Alimenticia (CA) y costos del proyecto

TRATAMIENTO	CMS (kg)	CA (kg)	COSTO TOTAL DE ALIMENTO (\$)	TRATAMIENTOS/ DIARREA (\$)
<b>C</b>	202.185	$3.011 \pm 0.072$	3667.23	104.14
<b>H5</b>	192.940	$2.420 \pm 0.539$	3502.05	59.52
<b>H10</b>	207.745	$2.200 \pm 0.590$	3781.13	56.54
<b>NH5</b>	200.390	$2.00 \pm 0.226$	3646.05	93.74
<b>NH10</b>	207.080	$1.938 \pm 0.177$	3743.40	40.92

Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión Alimenticia (CA), C (Control), H5 (Hiperinmunizado dosis 5mg), H10 (Hiperinmunizado dosis 10 mg), NH5 (No Hiperinmunizado dosis 5 mg), NH10 (No Hiperinmunizado dosis 10 mg)

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Los parámetros productivos en los lechones son muy variables y siempre dependerán de la genética, manejos clínicos y zootécnicos que se lleve a cabo dentro de cada explotación porcina.

#### 5.1.1. *Peso al nacimiento*

El peso al nacimiento marca la pauta de supervivencia de los lechones. En un estudio llevado a cabo por Feldpausch y col., (2019) donde se realizó un estudio de supervivencia se llegó a la conclusión que los lechones con un peso igual o menor a 1.110 kg aumenta los porcentajes de mortalidad en el transcurso de la lactancia. Los pesos promedio de nacimiento para los lechones de este estudio fue de aproximadamente 1.900 kg garantizando de alguna manera la supervivencia de todos los lechones.

#### 5.1.2. *Ganancia diaria de peso (GDP)*

La GDP en los lechones del estudio fue mejor en aquellos a los cuales se les administro diferentes dosis de IgY. En el día 30 se observó una mejor GDP en lechones tratados con 10 mg de IgY no hiperinmunizada (NH10) ( $0.212 \pm 0.027$  kg) y en el día 45 se observó una mejor GDP en lechones que recibieron tratamiento de dosis de 10 mg de IgY hiperinmunizada (H10) ( $0.498 \pm 0.571$  kg). La GDP en el día 30 Y 45 es de importancia en esta etapa de producción ya que corresponde al periodo del post destete. En un estudio realizado por Stefaniak y col., (2014) mostraron el mismo efecto con una adición de 2 g/kg de IgY en lechones destetados obteniendo hasta una GDP de 0.328 kg sobre el grupo control. Otro estudio realizado por Marquardt y col., (1999) utilizaron 0.5 g observando una mejor GDP en los lechones desafiados con *Escherichia coli* K88+ y tratados tres veces el día del desafío y por una ocasión en los siguientes dos días, obteniendo una GDP de 0.906 kg mientras que el grupo control tuvo una pérdida de peso de 0.362 kg en el periodo de los días del experimento.

Es de vital importancia los manejos que se lleven a cabo en el periodo del post destete, debido a que este manejo conlleva a una importante pérdida de peso debido a los cambios fisiológicos e inmunológicos producidos por el estrés en la primera semana del post destete (Reiz de Souza y col., 2013). La pérdida de peso puede ser debida a la anorexia inmediata posterior al destete, pudiendo durar de 24 hasta 48 horas (Brooks y col., 2001). En este tiempo suelen ocurrir cambios estructurales de las criptas y vellosidades intestinales provocando una baja absorción de nutrientes (Pluske, Hampson, y Williams, 1997) y por lo tanto repercutiendo de esta manera en los parámetros productivos. En la curva de crecimiento del estudio se observa un ligero estancamiento en esta etapa lo cual coincide con lo reportado por Le y Sève (2000), ellos reportan pérdidas de 0.100 hasta 0.250 kg posteriores al destete los cuales se recuperaron a los 2 a 4 días después, esta pérdida también se puede observar de igual manera con el estudio anteriormente mencionado realizado por Marquardt y col., (1999).

#### **5.1.3. Conversión Alimenticia (CA)**

En lo que respecta a la CA en el estudio no hubo diferencias significativas entre los animales controles y los tratados con diferentes dosis de IgY, en un estudio realizado por Torrallardona y Polo (2016) donde utilizaron lechones destetados de 21 días y analizaron la CA a los 14 y 28 días posteriores, tampoco encontraron diferencia significativa entre los lechones controles y los tratados con IgY.

#### **5.1.4. Porcentaje de presencia de diarreas y Mortalidad**

La falta de desarrollo de las criptas y vellosidades intestinales posteriores al destete permite que suceda una alteración y modificación de la microbiota del tracto gastrointestinal, disminuyendo la presencia de *Lactobacillus* spp y aumentando bacterias como *Escherichia coli*, las cuales producen diarrea (Pluske, Turpin y Kim, 2018). En este estudio los lechones control (C) obtuvieron un menor porcentaje de presentación de diarreas (55.55%), en comparación con los lechones que recibieron dosis de 5 mg de IgY tanto hiperinmunizada como no hiperinmunizada (77.77 y 66.66 % respectivamente), pero en estos lechones la duración fue más corta (2.0 y 3.5 días en promedio) en comparación de los lechones control

que presentaron más días con diarrea (6 días). Existen diferentes estudios realizados donde se evaluó la presencia y la puntuación de la consistencia de la diarrea en lechones, Alustiza y col., (2016) realizaron un estudio donde comprobaron que la adición de IgY específica y protegida disminuían la presentación de diarrea en animales desafiados con ETEC (F4 +, LT +, STb +). En otro estudio realizado por Owusu y col., (2003) utilizaron lechones destetados y desafiados con ETEC (K88), utilizaron diferentes tratamientos alternativos con adición de IgY, obtuvieron como resultado menor presentación y duración de diarreas en los lechones tratados con esta inmunoglobulina (3 días con un máximo 67% de lechones con diarrea) en comparación a los lechones a los cuales no se les administro IgY (4 y 7 días con un máximo del 80 y 100% de lechones con diarrea). En el caso de la mortalidad este mismo estudio mostró una reducción de mortalidad en lechones a los cuales se les administro IgY (6.6-13.3%) en comparación con los lechones que no recibieron IgY (66%). En otros estudios como los trabajos realizados por Marquardt y col., (1999) y Yokoyama y col., (1992) muestran resultados positivos y similares con el uso de la IgY como tratamiento terapéutico y preventivo de enfermedades que producen diarreas.

## **5.2. EVALUACIÓN DE HECES EN LABORATORIO**

### **5.2.1. *Determinación de UFC/g de heces***

Guevarra y col., (2019) mencionan que el tracto gastrointestinal del lechón es colonizado rápidamente por una gran diversidad de bacterias al momento del nacimiento, este proceso es llamado “sucesión microbiana” la cual estará determinada por la dieta, factores ambientales, administración de antibióticos, entre otros. En el presente estudio se puede observar claramente dicho incremento a través del recuento de UFC en los medios utilizados entre 0 y el 15 día de edad.

Como ya se mencionó anteriormente, el periodo de post destete es la etapa más crítica en la producción porcina, pues en este periodo de transición los lechones son colonizados por una gran variedad de bacterias debido al desequilibrio causado por los factores estresantes que conlleva este manejo. El muestreo que corresponde a la etapa del post destete del presente

estudio (30 días) muestra diferencias significativas entre los lechones control (C) y los que recibieron diferentes dosis de IgY, en específico en la cuantificación de UFC/g de heces en el medio EMB y XLD. Wang y col., (2019) realizaron un estudio donde evaluaron el efecto de adición de la IgY *in vitro*. Se obtuvieron muestras de la mucosa del yeyuno e íleon de lechones sanos a las cuales se le agregó 50 mg/mL de IgY. Posteriormente se realizó el sembrado en medios MacConkey para la cuantificación de UFC, obteniendo como resultado una disminución en el crecimiento de las UFC en las muestras a las cuales se les agregó IgY.

### 5.2.2. *Aislamiento bacteriano*

La identificación de las cepas de *Salmonella* spp aisladas de los medio EMB y XLD es un indicativo de granjas contaminadas. Las muestras positivas en el caso de *Salmonella* spp se identificaron para muestras procedentes de todos los grupos de tratamientos excepto en los lechones tratados con dosis de 5 mg de IgY no hiperinmunizada (NH5). La importancia de *Salmonella* spp. es debido a que diferentes serotipos son los principales causantes de diarrea aguda en humanos, tal como lo es el caso de *Salmonella enteritidis* y *Salmonella typhimurium*. La principal vía de contagio son los animales y los alimentos contaminados, por lo que se considera un problema de salud pública, por lo tanto, el control de este microorganismo es importante en toda la cadena alimenticia comenzando por el control dentro de las granjas (Mead y col. 1999).

La IgY también se ha utilizado en las explotaciones porcinas en diferentes estudios para poder evaluar su eficacia para el control de *Salmonella* spp. Mathew y col., (2008) realizaron un estudio encontrando que no existe un control eficaz de *Salmonella typhimurium* utilizando esta inmunoglobulina dentro de la dieta basal de los cerdos, realizaron el análisis de muestras de heces fecales de 132 cerdos a los 0, 7, 8, 12, 14, 21, 58 días posteriores al desafío, encontrando un porcentaje del 100% de muestras positiva al día 8 post infección. En otro estudio realizado por Letellier y col., (1999) demostraron que la IgY no controla la invasión por *Salmonella*, encontrando porcentajes de 60 y 80% de muestras positivas en tonsilas y heces respectivamente.

Respecto al uso de los medios de EMB y XLD mostraron un crecimiento de una variedad de enterobacterias diferentes a *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Lo que sugeriría una variación en la cuantificación de UFC en los medios seleccionados.

### **5.3. EVALUACIÓN DEL COSTO BENEFICIO DEL USO DE LA IgY**

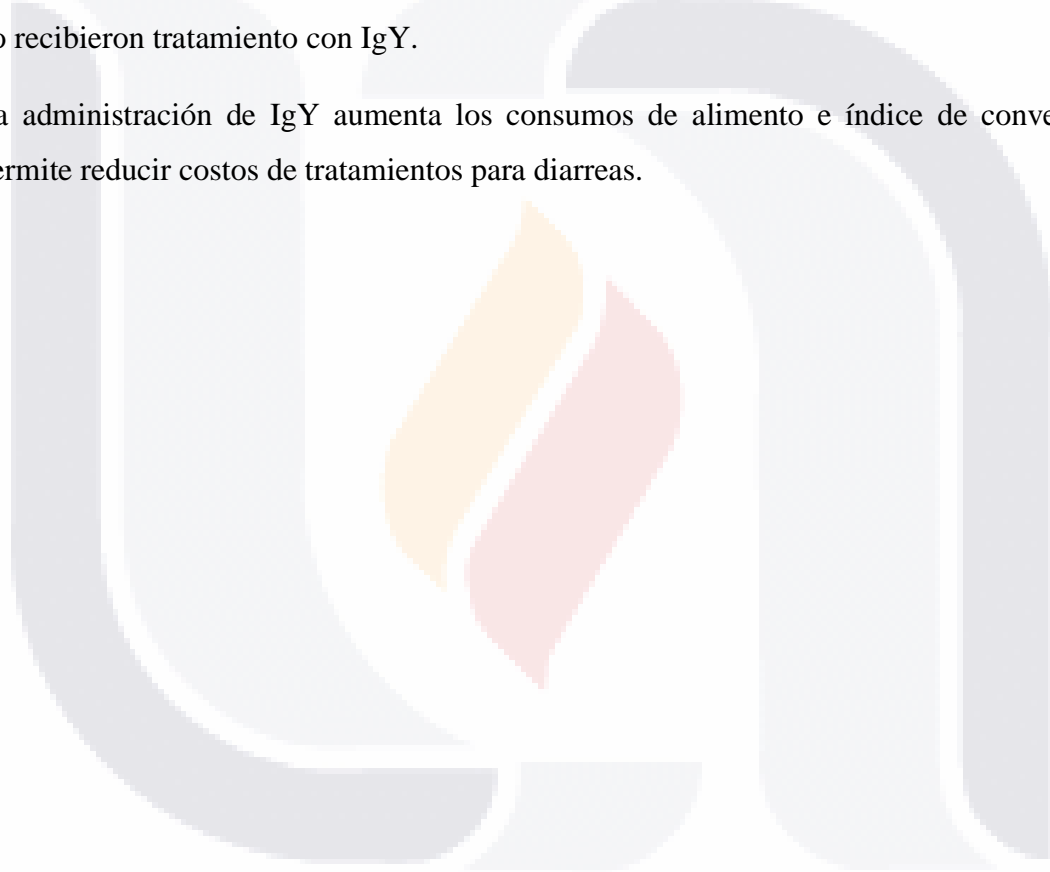
En este estudio se comprobó que el uso de la IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada en dosis de 10 mg (H10 y NH10) en lechones reduce los costos de tratamiento terapéutico para diarrea en lechones (\$56.54 y \$40.92) en comparación de los lechones que no recibieron tratamiento con IgY (\$104.14). Marquardt y col., (2001) realizaron una evaluación de costos respecto al uso de la IgY en la producción porcina, mencionan que la adición de tan solo 0.5 kg de IgY por tonelada de alimento representa beneficios en el control de diarreas causadas por *Escherichia coli*, representando un costo de \$0.16 dólares por cerdo en comparación tratamientos antibióticos, que además pueden ser causa de resistencias bacterianas.

## 6. CONCLUSIONES

La adición de IgY hiperinmunizada como no hiperinmunizada cada tres días permitió obtener una diferencia significativa en la GDP en lechones destetados y disminuyó la cantidad de días de diarrea en los lechones en etapa post destete.

La cuantificación de UFC sólo fue significativamente diferente en el muestreo realizado en el día 30 en medios EMB y XLD mostrando un mayor número de UFC en los lechones que no recibieron tratamiento con IgY.

La administración de IgY aumenta los consumos de alimento e índice de conversión y permite reducir costos de tratamientos para diarreas.



## REFERENCIAS

- Ahmed, S. T., Hwang, J. A., Hoon, J., Mun, H. S. y Yang, C. J. (2014). Comparison of Single and Blend Acidifiers as Alternative to Antibiotics on Growth Performance, Fecal Microflora, and Humoral Immunity in Weaned Piglets. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13411>
- Aluko, K., Velayudhan, D. E., Khafipour, E., Fang, L. y Nyachoti, M. (2017). Effect of chicken egg anti-F4 antibodies on performance and diarrhea incidences in enterotoxigenic Escherichia coli K88+-challenged piglets. *Animal Nutrition*, 3(4), 353–358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.006>
- Alustiza, F., Bellingeri, R., Picco, N., Motta, C., Grosso, M. C., Barbero, C. A., ... Vivas, A. (2016). IgY against enterotoxigenic Escherichia coli administered by hydrogel-carbon nanotubes composites to prevent neonatal diarrhoea in experimentally challenged piglets. *Vaccine*, 34(28), 3291–3297. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.05.004>
- Baron, F. y Jan, S. (2011). Egg and egg product microbiology. *INRA Prod. Anim*, 193–204. <https://doi.org/10.1533/9780857093912.3.330>
- Bencomo, A. B. G., Hurtado, A. y Mejía, L. (2010). Principales enfermedades de los cerdos, FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/a-as540s.pdf>
- Berg, R. D. (1996). The indigenous gastrointestinal microflora. *Trends in Microbiology*, 4(11), 430–435. [https://doi.org/10.1016/0966-842x\(96\)10057-3](https://doi.org/10.1016/0966-842x(96)10057-3)
- Binte Hussain, C. (2014). Transfer of maternal immunoglobulin y through egg yolk in different lines of chicken. Department of Poultry Science Bangladesh Agricultural University Mymensingh. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13679.43689>
- Camacho, A., M. Giles, A. Ortegón, M. Palao, B. Serrano, O. V. (2009). Técnica para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª edición. Facultad de Química. UNAM. México. Recuperado a partir de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-en-placa\\_6527.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Cuenta-en-placa_6527.pdf)
- Chacana, P., Terzolo, H., Gutierrez Calzado, E. J. y Schade, R. (2004). Tecnología IgY o aplicaciones de los anticuerpos de yema de huevo de gallina. *Revista de medicina veterinaria. Revue Medicine Veterinaire (Bs. As)* 85 (5): 179-189 Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/publication/280741443\\_Tecnologia\\_IgY\\_o\\_aplicaciones\\_de\\_los\\_anticuerpos\\_de\\_yema\\_de\\_huevo\\_de\\_gallina](https://www.researchgate.net/publication/280741443_Tecnologia_IgY_o_aplicaciones_de_los_anticuerpos_de_yema_de_huevo_de_gallina)
- Chapinal i Gómez, N., Dalmau Bueno, A., Fàbrega Romans, E., Manteca Vilanova, X., Ruiz de la Torre Casañas, J. L., Velarde Calvo, A. y Agroalimentàries, I. R. i T. (2006). Bienestar del lechón en la fase de lactación, destete y transición. Unidad de Fisiología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/2072/4689>



- Chase C. 2016. Inmunidad de la mucosa y E. coli. Recuperado a partir de: [https://www.3tres3.com/articulos/inmunidad-de-la-mucosa-y-e-coli\\_37160/](https://www.3tres3.com/articulos/inmunidad-de-la-mucosa-y-e-coli_37160/)
- Cho, J. H., Liu, S. D., Yun, W., Kim, K. S. y Kim, I. H. (2018). Effect of supplemented microencapsulated zinc oxide and organic acids and pure botanicals on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, feces microflora, and zinc level of feces in weanling pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(1), 66–73. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0114>
- Chucuri, T. M., Monteiro, J. M., Lima, A. R., Salvadori, M. L. B., Junior, J. R. K. y Miglino, M. A. (2010). A review of immune transfer by the placenta. *Journal of Reproductive Immunology*, 87(1), 14–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jri.2010.08.062>
- Claver, M., Pérez, L., Piqué, X. y Sanchez, P. J. (2016). Diarrea postdestete. Abordaje integral. *Porci News*. Recuperado a partir de <https://porcino.info/diarrea-post-destete-abordaje-integral/>
- European Commission (2019). Ban on antibiotics as growth promoters in animal feed enters into effect. Recuperado a partir de [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-05-1687\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-05-1687_en.htm)
- CONAGUA. (2020). Información climatológica por estado. Recuperado a partir de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado>
- Consejo Mexicano de la Carne. (2019). La carne de cerdo en México. Recuperado a partir de <https://comecarne.org/2018/10/19/la-carne-de-cerdo-en-mexico/>
- Cromwell, Gary. (2002). Why and how antibiotics are used in swine production. *Animal Biotechnology*, 13(1), 7–27. <https://doi.org/10.1081/ABIO-120005767>
- Cromwell, GL. (2013). Feed additives in swine diets. *Sustainable swine nutrition.*, 302e4. <https://doi.org/10.1002/9781118491454.ch13>
- Dahl, G. E., Sutherland, M. A., Niekamp, S. R. y Salak-Johnson, J. L. (2007). Immune responses of piglets to weaning stress: Impacts of photoperiod1. *Journal of Animal Science*, 85(1), 93–100. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-153>
- Diana, A., Boyle, L. A., Leonard, F. C., Carroll, C., Sheehan, E., Murphy, D. y Manzanilla, E. G. (2019). Removing prophylactic antibiotics from pig feed: how does it affect their performance and health. *BMC Veterinary Research*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1808-x>
- Diraviyam, T., Zhao, B., Wang, Y., Schade, R., Michael, A. y Zhang, X. (2014). Effect of Chicken Egg Yolk Antibodies (IgY) against Diarrhea in Domesticated Animals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097716>
- DOF. (2018). Acuerdo por el que se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los Antimicrobianos. Recuperado a partir de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5525043&fecha=05/06/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525043&fecha=05/06/2018)

- Domagk, G. (1935). Ein Beitrag zur Chemotherapie der bakteriellen Infektionen. *Dtsch Med Wochenschr*, 61(07), 250–253. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1129486>
- Mainau, E., Temple, D., Manteca, X. (2015). Mortalidad neonatal en lechones. *FAWEK*, 11. Recuperado a partir de [https://www.fawec.org/media/com\\_lazypdf/pdf/fs11-es.pdf](https://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs11-es.pdf)
- Fairbrother, J. M., Nadeau, É. y Gyles, C. L. (2005). *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. *Animal Health Research Reviews*, 6(1), 17–39. <https://doi.org/10.1079/AHR2005105>
- FAO. (2017). *Perspectivas agrícolas 2017-2026*. Recuperado a partir de [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-es](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-es)
- FAOSTAT. (2019). *Ganadería. C*. Recuperado el 12 de marzo de 2019, a partir de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>
- Feldpausch, J. A., Jourquin, J., Bergstrom, J. R., Borgen, J. L., Bokenkroger, C. D., Davis, D. L., ... Ritter, M. J. (2019). Birth weight threshold for identifying piglets at risk for preweaning mortality. *Translational Animal Science*, 3(2), 633–640. <https://doi.org/10.1093/tas/txz076>
- FIRA. (2012). *Monografía del ganado porcino*. Recuperado a partir de <https://docplayer.es/200466-Monografia-de-ganado-porcino.html>
- FIRA. (2016). *Panorama Agroalimentario. Carne de cerdo 2016*. Recuperado a partir de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama\\_Agroalimentario\\_Carne\\_de\\_Cerdo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Cerdo_2016.pdf)
- Fraile, S. L. J. (2018). Transferencia de la inmunidad humoral y celular. *Ivis*, 150, 12–18. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6572168>
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., David M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, 177, 751–766. Recuperado a partir de <http://www.jbc.org/content/177/2/751.short>
- Gamazo Carlos, López-Goñi Ignacio, D. R. (2005). *Manual práctico de Microbiología. Tercera Edición*. MASSON, S. A. Barcelona, España.
- García, C. A. del C., Martínez, B. N. R., Amaro, G. R., Aguirre, A.F.A. y Angulo, M. (2008). *Manual de evaluación de la unidad de producción porcina. Campo Experimental "Zacatepec"*. Morelos, México. Recuperado a partir de <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Manual%20de%20evaluacion%20de%20la%20unidad%20de%20produccion%20porcina.pdf>
- García González, J. S., Herradora Lozano, M. A. y Martínez Gamba, R. G. (2011). Efecto del número de parto de la cerda, la caseta de parición, el tamaño de la camada y el peso al nacer en las principales causas de mortalidad en lechones. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(4), 403–414. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242011000400005&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000400005&lng=en&tlng=en)

- Gasa, J. y Barcelona, U. A. de. (2016). Iniciación a la producción y manejo del ganado porcino: breve manual de inmersión para estudiantes de veterinaria. Primera Edición. Universidad Autónoma de Barcelona. Servei de Publicacions. pp. 26-29, 105-111, 123. Recuperado a partir de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/pruebademo/detail.action?docID=4421932>
- Grande, B. C., Falcón, M. S. G. y Gándara, J. S. (2000). The use of antibiotics in animal feeds: an actual perspective. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(1), 39–47. <https://doi.org/10.1080/11358120009487647>
- Gray, J. T. y Fedorka-Cray, P. J. (2001). Survival and infectivity of *Salmonella choleraesuis* in swine feces. *Journal of Food Protection*, 64(7), 945–949. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.7.945>
- Gray, J. T., Fedorka-Cray, P. J., Stabel, T. J., & Kramer, T. T. (1996). Natural transmission of *Salmonella choleraesuis* in swine. *Applied and environmental microbiology*, 62(1), 141–146.
- Gresse, R., Chaucheyras-Durand, F., Fleury, M. A., Van de Wiele, T., Forano, E. y Blanquet-Diot, S. (2017). Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the Keys to Health. *Trends in Microbiology*, 25(10), 851–873. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.05.004>
- Guevarra, R. B., Lee, J. H., Lee, S. H., Seok, M.-J., Kim, D. W., Kang, B. N., Johnson T. S., Issacson, R. E. y Kim, H. B. (2019). Piglet gut microbial shifts early in life: causes and effects. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10, 1. <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0308-3>
- Hernandez, S. R., Fernandez, C. C. y Baptista, L. P. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. McGraw-Hill. pp. 153-167
- INTERPORC. (2018). La carne de cerdo: beneficios de una carne blanca, rica y saludable. Recuperado a partir de <https://interporc.com/2018/01/29/beneficios-de-la-carne-de-cerdo-2?cat=blog/vive-en-rosa>
- Johansen, M., Alban, L., Kjærsgård, H. D. y Bækbo, P. (2004). Factors associated with suckling piglet average daily gain. *Preventive Veterinary Medicine*, 63(1), 91–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.01.011>
- Kim, H. B., Borewicz, K., White, B. A., Singer, R. S., Sreevatsan, S., Tu, Z. J. y Isaacson, R. E. (2011). Longitudinal investigation of the age-related bacterial diversity in the feces of commercial pigs. *Veterinary Microbiology*, 153(1–2), 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.05.021>
- Kitaguchi, K., Minoura, M., Noritake, M., Mizutani, M., Kinoshita, K., Horio, F. y Murai, A. (2008). Determination of Immunoglobulin Y Concentration in Yolk Extract Prepared by Water Dilution Method: Comparisons among Three Strains of Chickens. *The Journal of Poultry Science*, 45(1), 82–87. <https://doi.org/10.2141/jpsa.45.82>

- Klemperer, F. (1893). Ueber natürliche Immunität und ihre Verwerthung für die Immunisirungstherapie. *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 31(4), 356–382. <https://doi.org/10.1007/BF01832882>
- Kovacs-Nolan, J. y Mine, Y. (2012). Egg Yolk Antibodies for Passive Immunity. *Annual Review of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101137>
- Le Dividich, J. y Sève, B. (2000). Effects of underfeeding during the weaning period on growth, metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. *Domestic Animal Endocrinology*, 19(2), 63–74. [https://doi.org/10.1016/s0739-7240\(00\)00067-9](https://doi.org/10.1016/s0739-7240(00)00067-9)
- Li, X., Wang, L., Zhen, Y., Li, S. y Xu, Y. (2015). Chicken egg yolk antibodies (IgY) as non-antibiotic production enhancers for use in swine production: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0038-8>
- Liu, Y., Espinosa, C. D., Abelilla, J. J., Casas, G. A., Lagos, L. V., Lee, S. A., Kwon, W. B., Mathai J. K., Navarro D. M., Jaworski N. W. y Stein, H. H. (2018). Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *KeAi*, 4 (2), 113–125. <https://doi.org/10.1016 / j.aninu.2018.01.007>
- Losinger W. C. (1998). Feed-conversion ratio of finisher pigs in the USA. *Preventive veterinary medicine*, 36(4), 287–305. [https://doi.org/10.1016/s0167-5877\(98\)00094-4](https://doi.org/10.1016/s0167-5877(98)00094-4)
- Markowska-Daniel, I., Pomorska-Mol, M. y Pejsak, Z. (2010). Dynamic changes of immunoglobulin concentrations in pig colostrum and serum around parturition. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 13(1), 21–27. Recuperado a partir de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21077427/>
- Marquardt, R. R., Jin, L. Z., Kim, J. W., Fang, L., Frohlich, A. A. y Baidoo, S. K. (1999). Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88+ infection in neonatal and early-weaned piglets. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 23(4), 283–288. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.1999.tb01249.x>
- Mathew, A. G., Rattanatabtimtong, S., Nyachoti, C. M., & Fang, L. (2009). Effects of in-feed egg yolk antibodies on *Salmonella* shedding, bacterial antibiotic resistance, and health of pigs. *Journal of food protection*, 72(2), 267–273. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.2.267>
- Maynard, C. L., Elson, C. O., Hatton, R. D., & Weaver, C. T. (2012). Reciprocal interactions of the intestinal microbiota and immune system. *Nature*, 489(7415), 231–241. <https://doi.org/10.1038/nature11551>
- Mead, P. S., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L. F., Bresee, J. S., Shapiro, C., Griffin, P. M., & Tauxe, R. V. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging infectious diseases*, 5(5), 607–625. <https://doi.org/10.3201/eid0505.990502>
- Medel, P., Mateos, G. y Latorre Gorriz, M. (2019). Nutrición y alimentación de lechones

destetados precozmente. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/publication/28180213\\_Nutricion\\_y\\_alimentacion\\_de\\_lechones\\_destetados\\_precozmente](https://www.researchgate.net/publication/28180213_Nutricion_y_alimentacion_de_lechones_destetados_precozmente)

Miller, E. R., Ullrey, D. E. y Lewis, A. J. (1991). *Swine Nutrition*. Butherworth-Heinemann. Reed Publishing. USA. pp. 315.

Montero Lopez, E. M., Martínez Gamba, R. G. y Herradora Lozano, M. A. (2015). Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. Recuperado a partir de [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Alternativas\\_Porcina.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Alternativas_Porcina.pdf)

Mota Rojas, D., Roldán Santiago, P., Pérez Pedraza, E., Martínez Rodríguez, R., Hernández Trujillo, E., Trujillo Ortega, M. E. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Vet. Med.*, 37-51. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-50922014000200005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922014000200005)

Munhoz, L. S., D'Ávila, V. G., Fischer, G., De Lima, M., Augusto, E. P. y De Oliveira, H. S. (2014). Avian IgY antibodies: characteristics and applications in immunodiagnostic. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 44, 153–160. Recuperado a partir de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782014000100025&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000100025&nrm=iso)

Narat, M. (2003). Production of Antibodies in Chickens. *Food Technol. Biotechnol.* 41 (3) 259–267 (2003) Recuperado a partir de <https://doaj.org/article/fd23c968b6c44cb0a86766b41d1bfa66>

OCDE. (2019). Exámenes de mercado en México. Estudio de caso del mercado de la carne de cerdo. Recuperado a partir de <https://www.oecd.org/daf/competition/market-examinations-mexico-pork-meat-market-web-esp.pdf>

Owusu-Asiedu, A., Nyachoti, C. M. y Marquardt, R. R. (2003). Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. *Journal of Animal Science*, 81(7), 1790–1798. <https://doi.org/10.2527/2003.8171790x>

Pelaseyed, T., Bergström, J. H., Gustafsson, J. K., Ermund, A., Birchenough, G. M., Schütte, A., van der Post, S., Svensson, F., Rodríguez-Piñeiro, A. M., Nyström, E. E., Wising, C., Johansson, M. E., & Hansson, G. C. (2014). The mucus and mucins of the goblet cells and enterocytes provide the first defense line of the gastrointestinal tract and interact with the immune system. *Immunological reviews*, 260(1), 8–20. <https://doi.org/10.1111/imr.12182>

Pérez, F. A. (2012). Prácticas de manejo del lechón en maternidad: estrategias para mejorar su sobrevivencia y aumentar la productividad. *REDVET*, Vol. 11, N° 1. Recuperado a partir

de <http://veterinaria.org/revistas/redvet/n010110/011009.pdf>

- PIC. (2019). Analisis de la industria porcina en Latinoamerica. Recuperado a partir de [http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq\\_Benchmark Latam, Febrero 2015.pdf](http://www.piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark Latam, Febrero 2015.pdf)
- Pluske, J R, Hopwood, D. E. y Hampson, D. J. (2003). Relación entre la microbiótica intestinal, el pienso y la incidencia de diarreas, y su influencia sobre la salud del lechón tras el destete. Sitio Argentino de Produccion Animal. Recuperado a partir de [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/infecciosas/porcinos/08-microbiotica\\_intestinal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/porcinos/08-microbiotica_intestinal.pdf)
- Pluske, John R, Hampson, D. J. y Williams, I. H. (1997). Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Livestock Production Science*, 51(1), 215–236. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00057-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00057-2)
- Pluske, John R, Turpin, D. L. y Kim, J.-C. (2018). Review Article: Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>
- Preciado, C. R., Del, Salazar, P. M. C., Elton, P. J. E., Gómez, G. D., Valadez, N. M., Orozco, E. E. y Méndez, G. H. M. C. (2015). Análisis del impacto de diferentes métodos de conservación en la calidad del huevo para consumo en el estado de querétaro. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Auotnoma de Queretaro. Recuperado a partir de [https://www.uaq.mx/investigacion/revista\\_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v8-n2/10-CN.pdf](https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v8-n2/10-CN.pdf)
- Reiz de Souza, T. C., Mariscal Landín, G., Escobar García, K., Aguilera Barreyro, A. y Magné Barrón, A. (2013). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Vet. Méx vol.43 no.2*. Recuperado a partir de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-50922012000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922012000200007)
- Rioperez, J. y Rodríguez, M. M. L. (2005). Nutrición y patología digestiva del lechón y del cerdo en crecimiento-cebo. Departamento de Metabolismo y Nutrición. Facultad de Veterinaria de Madrid. Recuperado a partir de [http://www.adiveter.com/ftp\\_public/articulo1695.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo1695.pdf)
- Rooke, J. A., Carranca, C., Bland, I. M., Sinclair, A. G., Ewen, M., Bland, V. C. y Edwards, S. A. (2003). Relationships between passive absorption of immunoglobulin G by the piglet and plasma concentrations of immunoglobulin G at weaning. *Livestock Production Science*, 81(2), 223–234. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00260-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00260-9)
- Rose, M. E., Orlans, E. y Buttress, N. (1974). Immunoglobulin classes in the hen's egg: Their segregation in yolk and white. *European Journal of Immunology*, 4(7), 521–523.

<https://doi.org/10.1002/eji.1830040715>

- SIAP-SAGARPA. (2019). Porcino. Población ganadera. 2008-2017. Recuperado a partir de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412569/Porcino\\_\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412569/Porcino__2017.pdf)
- Salmon, H., Berri, M., Gerdts, V. y Meurens, F. (2009). Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Developmental and Comparative Immunology*, 33(3), 384–393. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2008.07.007>
- Schade, R., Staak, C., Hendriksen, C., Erhard, M., Hugl, H., Koch, G., Larsson, A., Pollmann W., Regenmortel, M. V., Rijke, E., Spilmann, H., Steinbush, H. y Straughan, D. (1996). The production of avian (egg yolk) antibodies: IgY. The report and recommendations of ECVAM workshop 21. ATLA. Department of Medical Sciences, Faculty of Medicine, Medicinska vetenskapsområdet, Uppsala University. <https://doi.org/10.1177/026119299602400607>
- Schade, Rüdiger, Calzado, E. G., Sarmiento, R., Chacana, P. A., Porankiewicz-Asplund, J. y Terzolo, H. R. (2005). Chicken egg yolk antibodies (IgY-technology): A review of progress in production and use in research and human and veterinary medicine. *ATLA Alternatives to Laboratory Animals*. [https://doi: 10.1177 / 026119290503300208](https://doi:10.1177/026119290503300208).
- Shimizu, M., Nagashima, H., Sano, K., Hashimoto, K., Ozeki, M., Tsudaa, K. y Hatta, H. (1992). Molecular Stability of Chicken and Rabbit Immunoglobulin G. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 56(2), 270–274. <https://doi.org/10.1271/bbb.56.270>
- Slifierz, M. J., Friendship, R. M. y Weese, J. S. (2015). Longitudinal study of the early-life fecal and nasal microbiotas of the domestic pig. *BMC Microbiology*, 15(1), 184. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0512-7>
- Soraci, A. L., Amanto, F., Harkes, R., Pérez, D. S., Martínez, G., Diéguez, S. N. y Tapia, M. O. (2010). Uso estratégico de aditivos: impacto sobre el equilibrio y salud gastrointestinal del lechón; Strategic use of additives: impact on gastro-intestinal equilibrium-health in piglets. *Analecta Veterinaria*, 30 (01). Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10915/11241>
- Spillner, E., Braren, I., Greunke, K., Seismann, H., Blank, S. y du Plessis, D. (2012). Avian IgY antibodies and their recombinant equivalents in research, diagnostics and therapy. *Biologicals: Journal of the International Association of Biological Standardization*, 40(5), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2012.05.003>
- Stefaniak, T., Rsaza A., Jawor, P., Zyzak, A., Niemczuk, W., Kuczaj, M., Poplawski, M. y Borkowski, J. (2014). Field application of egg yolk immunoglobulin as the feed additive in prophylaxis of diseases in weaned piglets. *Med. Weter.*, 70(9), 553–557. Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/publication/287593119\\_Field\\_application\\_of\\_egg\\_yolk\\_immunoglobulin\\_as\\_the\\_feed\\_additive\\_in\\_prophylaxis\\_of\\_diseases\\_in\\_weaned\\_piglets](https://www.researchgate.net/publication/287593119_Field_application_of_egg_yolk_immunoglobulin_as_the_feed_additive_in_prophylaxis_of_diseases_in_weaned_piglets)
- Tanaka, T., Imai, Y., Kumagae, N., Sasaki, T., Ochiai, N., Uruno, K., ... Sato, S. (2014).

Quantitative Microbiological Evaluation of Salmonella Typhimurium Shed in Diarrhea, Loose, and Normal Stools of Infected Pigs. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 04, 58–66. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2014.44007>

- Thacker, P. A. (2013). Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4(1), 35. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-35>
- Theil, P. K., Lauridsen, C. y Quesnel, H. (2014). Neonatal piglet survival: impact of sow nutrition around parturition on fetal glycogen deposition and production and composition of colostrum and transient milk. *Animal*, 8(7), 1021–1030. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000950>
- Theil, P. K., Hurley, W. L. y Gigli, I. (2016). The Protein Component of Sow Colostrum and Milk. *Intech*, Chapter 9, 183-198. <http://dx.doi.org/10.5772/62841>
- Torrallardona, D. y Polo, J. (2016). Effect of spray-dried porcine plasma protein and egg antibodies in diets for weaned pigs under environmental challenge conditions. *Journal of Swine Health and Production*, 24(1), 21–28. Recuperado a partir de <https://www.aasv.org/shap/issues/v24n1/v24n1p21.html>
- Torres-Novoa, D. M.; Hurtado-Nery, V. L. (2007). Análisis de parámetros de desempeño zootécnico en la fase de cría en una porcícola comercial del departamento del Meta. *Orinoquia*, 2, 59–65. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/896/89611206.pdf>
- Turner, J. L., Dritz, S. S. y Minton, J. E. (2001). REVIEW: Alternatives to Conventional Antimicrobials in Swine Diets. *The Professional Animal Scientist*, 17(4), 217–226. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31633-8](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31633-8)
- Vignola, M. (2009). Sow feeding management during lactation. London Swine Conference – Tools of the Trade 1-2 April 2009. Recuperado a partir de [https://uploads-ssl.webflow.com/5d93b00ac916fc5ea0c1750d/5de164ea3c4ae1a6fb86e184\\_LSC2009\\_MVignola.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/5d93b00ac916fc5ea0c1750d/5de164ea3c4ae1a6fb86e184_LSC2009_MVignola.pdf)
- Wang, Z., Li, J., Li, J., Li, Y., Wang, L., Wang, Q., ... Yang, H. (2019). Protective effect of chicken egg yolk immunoglobulins (IgY) against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88 adhesion in weaned piglets. *BMC Veterinary Research*, 15(1), 234. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-1958-x>
- Vidal, B., Orúe, M., y Castillejos, L. (2019). Practical aspects of the use of probiotics in pig production: A review. *Livestock Science*, 223, 84–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.017>
- Xu, R. y Cranwell, P. (2003). The Neonatal Pig. *Gastrointestinal Physiology an Nutrition*. Nottingham University. pp. 213-214, 227-230
- Xu, R. J., Sangild, P. T., Zhang, Y. Q. y Zhang, S. H. (2002). Chapter 5 Bioactive compounds in porcine colostrum and milk and their effects on intestinal development in neonatal



pigs11. *Biology of the Intestine in Growing Animals* (Vol. 1, pp. 169–192). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1877-1823\(09\)70121-3](https://doi.org/10.1016/S1877-1823(09)70121-3)

Xu, Y., Li, X., Jin, L., Zhen, Y., Lu, Y., You, J., Li, S., Es, J., Wong, L. (2011). Application of chicken egg yolk immunoglobulins in the control of terrestrial and aquatic animal diseases: A review. *Biotechnology Advances*, 29(6), 860–868. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.07.003>

Yazdankhah, S., Rudi, K. y Bernhoft, A. (2014). Zinc and copper in animal feed – development of resistance and co-resistance to antimicrobial agents in bacteria of animal origin. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 25(1), 25862. <https://doi.org/10.3402/mehd.v25.25862>

Yokoyama, H., Peralta, R. C., Diaz, R., Sendo, S., Ikemori, Y. y Kodama, Y. (1992). Passive protective effect of chicken egg yolk immunoglobulins against experimental enterotoxigenic *Escherichia coli* infection in neonatal piglets. *Infection and Immunity*, 60(3), 998–1007. <https://doi.org/10.1128/IAI.60.3.998-1007.1992>

Zavaleta Espejo, G. y Saldaña Jiménez, J. (2019). Antibacterial effect of ZnO nanoparticles on *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhi*. *SciELO*, 26(1), 421–432. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26122>

**ANEXOS**

**Anexo A**

**TÉCNICA DE EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE IgY**

**GALLUS IMMUNOTECH**

Para la extracción y purificación de las inmunoglobulinas Y (IgY) de las yemas de huevo se utilizará un kit de la empresa GallusImmunotech (Cat. No. IK 2000 hecho en Canadá) que contiene un reactivo A (4 x 500 mL) y un reactivo B (4 x 500 mL). Se seguirán las siguientes indicaciones:

Nota: Es importante que los Reactivos A y B y los huevos estén a 4 °C antes de su uso.

Se separará la yema de huevo frío utilizando el separador de huevo, se enjuagará la yema con agua destilada y se secará sobre una toalla de papel para eliminar la adhesión de clara de huevo. Se puncionará la membrana de la yema con una pipeta Pasteur y se permitirá que la yema se drene en un vaso de precipitado tarado.

Nota: Es importante tomar en cuenta el peso de la yema de huevo suponiendo que 1 mL de yema es igual a 1 g.

2. Se añadirá 5 volúmenes de reactivo frío A a las yemas muy lentamente mientras se agite suavemente y de forma continua hasta que esté bien mezclado evitando la formación de espuma, se dejará la yema diluida en reposo durante al menos 2 horas o hasta 24 horas a 4°C, se mezclará suavemente antes de añadir a tubos para centrifugarlos a 4000 x g durante 15 min a 4°C.

3. Se recogerá el sobrenadante en el cilindro graduado, el sobrenadante debe ser incoloro y transparente. Si las partículas están presentes, deberá repetirse la etapa de centrifugación, y si es necesario, se filtra. (medir el volumen obtenido).

4. Se transferirá el sobrenadante a un vaso de precipitado y añadir un volumen igual de reactivo B frío mientras se agita con una varilla durante 2 min a 1 h o hasta que se observe una suspensión de la mezcla.

5. Se centrifugará a 4000 x g durante 15 minutos a 4°C y se desechará el sobrenadante.
6. Se disolverá el precipitado en volumen de PBS igual al volumen original de la yema de huevo y filtrar de forma estéril, la concentración de IgY será de entre 4 y 7 mg/mL con pureza de 90% o mayor.
7. Se guardará la IgY en el refrigerador hasta un año o más sin pérdida de su actividad.



## **Anexo B**

### **CUANTIFICACIÓN DE PROTEÍNAS TOTALES BIURET**

**POINTE SCIENTIFIC. INC.**

#### **Historia del Método**

La reacción de color de las moléculas de proteínas con iones cúpricos, es conocida como la reacción de color de Biuret, y es conocida desde 1878, desde las publicaciones de Riegler en 1914, se han hecho intentos de estabilizar los iones cúpricos en reactivo alcalino. Kingsley modifico el procedimiento desde 1939 y en 1942 para el uso de tratado de sodio potasio como agente complejo. Este procedimiento fue modificado por Weichselbaum y Gornall. El presente método está basado en esta modificación.

#### **Principio**

Las proteínas del suero forman un complejo coloreado violeta cuando reacciona con iones cúpricos en solución alcalina. La intensidad de color es proporcional a la cantidad de proteína presente

#### **Procedimiento**

1. Etiquetar los tubos blanco, control, estándar, muestra, etc.
2. Pipetee 1.0 mL de reactivo de trabajo en cada tubo
3. Añadir 20  $\mu$ l de muestra a los tubos respectivos. Mezclar por inversión
4. Incubar 5 min a temperatura ambiente
5. Ajustar el espectrofotómetro a cero con blanco a 540 nm
6. Leer y anotar absorbancias

## **Anexo C**

### **CUENTA EN PLACA DE BACTERIAS/TÉCNICA DE VERTIDO EN PLACA**

**Camacho y col., (2009)**

1. Pesar 1 g de heces y colocar en 9 mL de agua destilada estéril y homogenizar perfectamente.
2. Preparar diluciones seriadas tomando 1 mL de la primera dilución problema y transferir en 9 mL de agua destilada estéril, seguir este paso sucesivamente hasta la dilución deseada.
3. Distribuir las cajas estériles en la mesa de trabajo de manera que la inoculación y la adición de medio de cultivo se puedan realizar cómoda y libremente.
4. Marcar las bases de las cajas con los datos pertinentes antes de inocular.
5. Inocular por duplicado, 1 mL de la dilución correspondiente en cada caja, mediante pipeta estéril.
6. Agregar de 18 a 20 mL del medio fundido y mantenido a 45 °C.
7. Para homogenizar, mezclar mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr la completa incorporación del inóculo en el medio; cuidar que el medio no moje la cubierta de las cajas.
8. Dejar solidificar. El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorpora al diluyente hasta que finalmente se adiciona el medio de cultivo a las cajas, no debe exceder de 20 minutos.
9. Incluir una caja sin inóculo por cada lote de medio y diluyente preparado como testigo de esterilidad.
10. Incubar las cajas en posición invertida a 37° C por 24 horas.

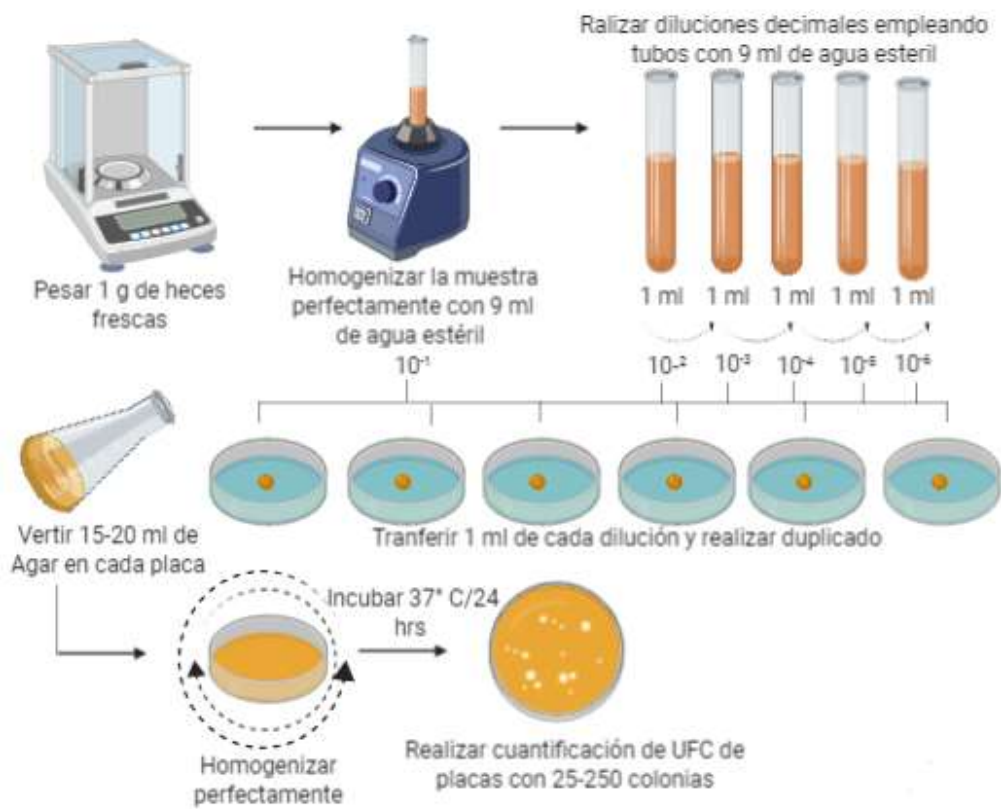


Figura 7. Diluciones seriadas y Vertido en placa  
Modificado de Camacho y col., (2009)

## **Anexo D.**

### **Cuantificación de Unidades Formadoras de Colonias**

**Camacho y col., (2009)**

Las reglas para seleccionar las cajas para los cálculos son las siguientes:

1. Se consideran “representativas” las cajas que tienen un número de colonias dentro del rango de sensibilidad del método, en este caso, entre 25 y 250 UFC.
2. Una vez seleccionadas las cajas y hechos los promedios correspondientes, se aplica el factor de dilución, que es el inverso y se redondea el número a 2 cifras significativas (o dígitos) y potencias de 10. Cuando el tercer dígito del promedio es 4 o menor, se omite dejando el número de 2 cifras significativas. Por ejemplo, si en una caja se cuentan 312 UFC, se debe reportar como 31 X 10<sup>1</sup>, porque el tercer dígito es 2 y se redondea al segundo dígito. Cuando el tercer dígito es 5 o superior, el segundo dígito se redondea al siguiente, por ejemplo, si en una caja se cuantifican 199 UFC se reportará como 20 x 10<sup>1</sup> UFC, porque el tercer dígito es superior a 5.
3. Cuando las 2 placas de una dilución contienen un número de colonias características dentro del rango de sensibilidad del método, se promedian los números y se multiplica por el inverso de la dilución.
4. Cuando hay una placa con crecimiento extendido, no se consideran ésta ni su duplicado.
5. Cuando una de las 2 placas de una dilución es representativa y la otra no, se consideran ambas y se promedian.
6. Cuando hay placas representativas en 2 diluciones subsecuentes, se promedian cada una con su duplicado (aunque el duplicado no lo sea), se aplica el factor de dilución a cada una y luego se promedia nuevamente.
7. Si en las placas no hay colonias (o no son características del grupo en estudio), reportar el resultado como: menos de un (grupo) en 10-x (la más baja utilizada), por ejemplo < 100 / g si la dilución más baja fue 10<sup>-2</sup> ó < 1 / mL si la muestra se sembró directamente, sin diluciones. Se agrega la leyenda: “valor estimado”.

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
8. Si no hay placas representativas, pero hay alguna con un número menor de UFC., se consideran las de la menor dilución y se agrega “valor estimado”.
  9. Cuando el número de colonias por placa exceda de 250, contar las colonias en aquellas porciones de la placa que sean representativas de la distribución de colonias. Contar, por ejemplo, una cuarta parte o una mitad del área de la caja y multiplicar el valor obtenido por 4 ó 2, respectivamente.
  10. Se cuentan como una sola colonia: Cadenas o pequeños grupos no separadas claramente entre sí, que parecen ser causadas por la desintegración de un cúmulo de bacterias y que están separadas de otras colonias o cadenas, colonias extendidas como película entre el fondo de la caja y el agar y que se diferencian claramente de otras y colonias como película en las orillas de la caja, sobre la superficie del agar.



## **Anexo E**

### **AISLAMIENTO POR AGOTAMIENTO POR ESTRÍA**

**Gamazo, López-Goñi, y Diaz (2005)**

#### **Recomendaciones previas**

Es importante no olvidar que el objetivo es establecer un gradiente de concentración bacteriana sobre la superficie de la placa de agar, de tal suerte que en alguna zona de la misma las células no estén lo suficientemente separadas unas de otras como para formar colonias aisladas. La placa debe colocarse en posición invertida sobre la mesa de trabajo y, tomando la parte que contiene el medio de cultivo, levantarla hasta la altura del mechero. En esta posición casi vertical, se realizarán las sucesivas series de estrías. Para llevar a cabo las estrías debe mover el asa de siembra sobre la superficie del agar mediante un balanceo sucesivo y rápido de la muñeca. No haga más presión sobre el agar que la debida al propio peso del asa y su mango para no rasgar el agar. Es muy importante emplear un asa de siembra en buen estado.

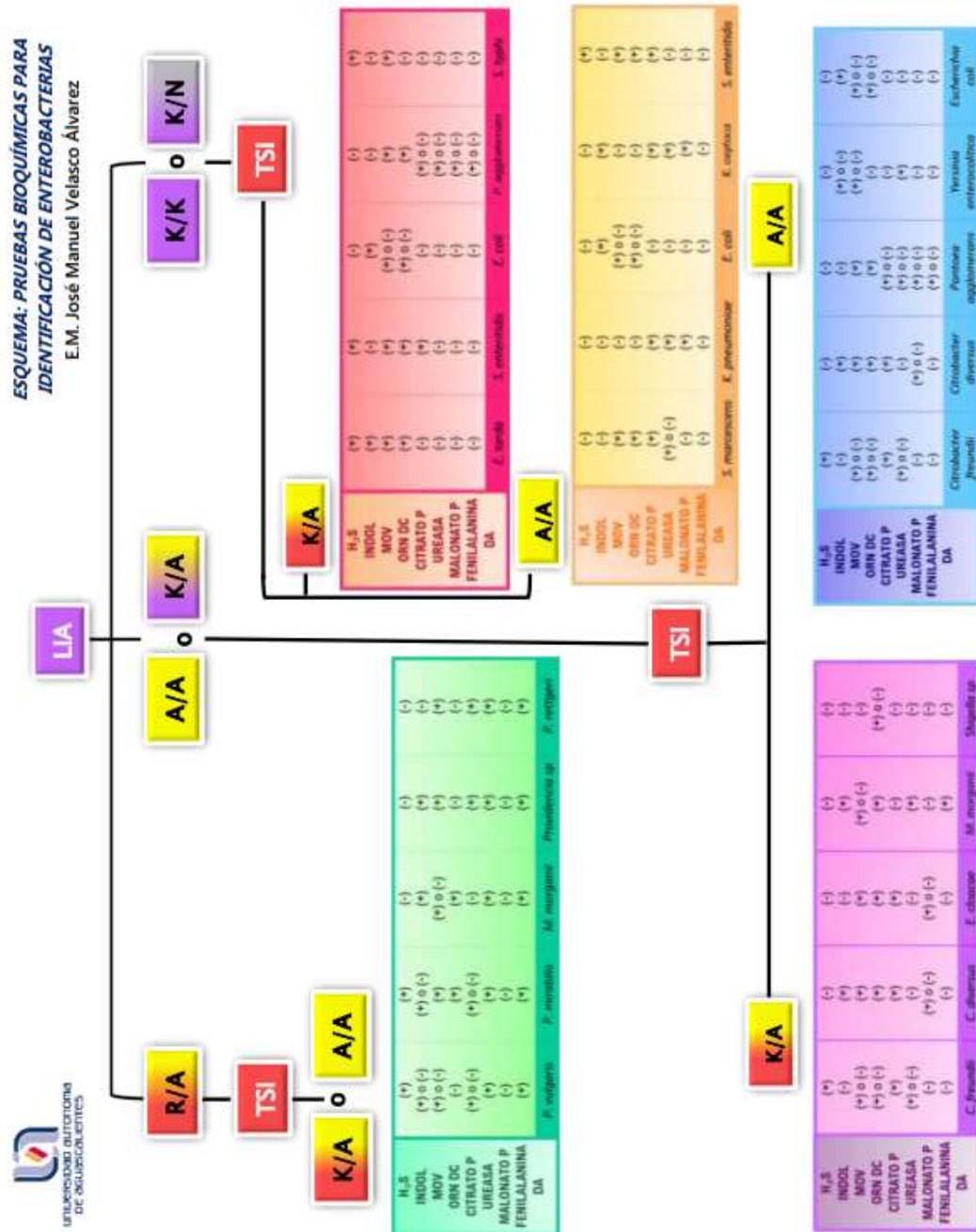
1. Esterilizar el asa flameándola en el mechero hasta conseguir un rojo incandescente
2. Enfriar el asa en la proximidad de la llama. Tomar una porción de la muestra mediante la técnica descrita anteriormente.
3. Transferir el inóculo a un área pequeña de la superficie de la placa, próxima al borde. Extenderlo formando estrías muy juntas, cubriendo aproximadamente la primera mitad de la placa. El número de estrías debe ser prácticamente incontable.
4. Flamear el asa de nuevo y enfriarla. Tomar una muestra de los microorganismos depositados en la última zona de estrías de la primera etapa (simplemente, rozar una vez dichas estrías). Realizar sobre una Proción virgen de la placa una segunda serie de estrías que no toque la primera.
5. Flamear y enfriar el asa. Repetir exactamente la operación descrita en el punto anterior, pero rozando la segunda serie de estrías. Las nuevas series de estrías no deben tocar ninguna de las series anteriores.

6. Flamear el asa y tapar la placa de Petri. Esta se incubará en las condiciones ambientales adecuadas en posición invertida con el objeto de impedir que el agua de condensación se deposite sobre la superficie del agar impidiendo la obtención de colonias aislada.



Anexo F.

PRUEBAS BIOQUÍMICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE ENTEROBACTERIAS



Fuente: Velasco, (2020)

**Anexo G.**

**MODELO ESTADÍSTICO PARA ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA) Y PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (LSD)RDOS;**

Input tmt rep VariableI;

cards;

-----

-----

;

proc anova;

classes TMT;

model VariableI = TMT;

means TMT/LSD;

run;

proc glm;

classes TMT;

model VariableI=TMT TMT\*REP;

means TMT/LSD;

run;

proc means mean stderr;

classes TMT;

var VariableI;

run;