



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS  
MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS**

*TESIS:*

**EFFECTO DE TRES AGENTES QUIMIOPROTECTORES SOBRE LOS  
PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE HUEVO Y  
RESPUESTA INMUNE POST-VACUNAL EN GALLINAS DE  
POSTURA INTOXICADAS DE MANERA CRÓNICA CON  
AFLATOXINAS**

*QUE PRESENTA*

**MVZ MARIA CITLALI ORTIZ RICO GUEVARA**

*COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE*

***MAESTRA EN CIENCIAS PECUARIAS***

COMITÉ TUTORAL

**DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTÁN (TUTOR)**

**DRA. WALDINA P. REYES VELÁZQUEZ**

**DR. CARLOS MANUEL BUCIO VILLALOBOS**

SINODALES

**DRA. ESTHER ALBARRÁN RODRIGUEZ**

**DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES**

**DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**

**JESÚS MARÍA, AGS., ENERO DE 2010**

POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES  
UNIVERSIDAD DE COLIMA  
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

*TESIS:*  
**EFFECTO DE TRES AGENTES QUIMIOPROTECTORES SOBRE LOS  
PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE HUEVO Y  
RESPUESTA INMUNE POST-VACUNAL EN GALLINAS DE  
POSTURA INTOXICADAS DE MANERA CRÓNICA CON  
AFLATOXINAS**

*QUE PRESENTA*  
**MVZ MARIA CITLALI ORTIZ RICO GUEVARA**

*COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE*  
**MAESTRA EN CIENCIAS PECUARIAS**

*Esta tesis fue presentada, defendida y aprobada en la sesión final del examen de  
grado desarrollado en Jesús María, Ags., enero de 2010*

---

**EVALUADOR**

**FIRMA**

DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTÁN

DRA. WALDINA PATRICIA REYES VELÁZQUEZ

DR. CARLOS MANUEL BUCIO VILLALOBOS

DRA. ESTHER ALBARRÁN RODRIGUEZ

DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES

DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ

---



**División de Ciencias de la Vida  
Universidad de Guanajuato**

Irapuato, Gto. a 28 de noviembre de 2009

A QUIEN CORRESPONDA.  
Jesús María, Aguascalientes.  
Presente.

Una vez evaluada la tesis denominada "Efecto de tres agentes quimioprotectores sobre los parámetros productivos, calidad de huevo y respuesta inmune post-vacunal en gallinas de postura intoxicadas de manera crónica con aflatoxinas" presentada por la MVZ María Citlali Ortiz Rico Guevara, candidata a la obtención de la Maestría en Ciencias Pecuarias dentro del Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, dictamino a favor dando mi **Voto Aprobatorio** para su impresión.

Sin otro particular por el momento, me despido cordialmente.

ATENTAMENTE  
"LA VERDAD OS HARÁ LIBRES"  
"SEMBRANDO CONOCIMIENTO, COSECHANDO PROGRESO"

Dr. Carlos Manuel Bucio Villalobos  
Profesor del Departamento de Agronomía



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**INTEGRANTES DEL CONSEJO ACADÉMICO DE  
POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECIARIAS**

Por este medio informo a ustedes que he revisado la última versión del documento de la tesis titulada **“EFECTO DE TRES AGENTES QUIMIOPROTECTORES SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE HUEVO Y RESPUESTA INMUNE POST-VACUNAL EN GALLINAS DE POSTURA INTOXICADAS DE MANERA CRÓNICA CON AFLATOXINAS”** presentada por la MVZ. MARIA CITLALI ORTIZ RICO GUEVARA, misma que se deriva de los trabajos de investigación que desarrolló bajo el tutelaje del Dr. Teódulo Quezada Tristán.

Debido a que no he encontrado ningún elemento que impida su impresión, presentación y defensa en el examen de grado correspondiente, extiendo mi **VOTO APROBATORIO** para que pueda continuar con el proceso reglamentario de titulación del nivel maestría dentro del POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS.

Atentamente

**“SELUMEN PROFERRE”**

Jesús María, Ags., a 10 de diciembre del 2009

**DR. TEÓDULO QUEZADA TRISTÁN**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**INTEGRANTES DEL CONSEJO ACADÉMICO DE  
POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECIARIAS**

Por este medio informo a ustedes que he revisado la última versión del documento de la tesis titulada **“EFECTO DE TRES AGENTES QUIMIOPROTECTORES SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE HUEVO Y RESPUESTA INMUNE POST-VACUNAL EN GALLINAS DE POSTURA INTOXICADAS DE MANERA CRÓNICA CON AFLATOXINAS”** presentada por la MVZ. MARIA CITLALI ORTIZ RICO GUEVARA, misma que se deriva de los trabajos de investigación que desarrolló bajo el tutelaje del Dr. Teóduo Quezada Tristán.

Debido a que no he encontrado ningún elemento que impida su impresión, presentación y defensa en el examen de grado correspondiente, extendiendo mi **VOTO APROBATORIO** para que pueda continuar con el proceso reglamentario de titulación del nivel maestría dentro del POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS.

Atentamente

**“SELUMEN PROFERRE”**

Jesús María, Ags., a 10 de diciembre del 2009

**DR. RAÚL ORTÍZ MARTÍNEZ**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**INTEGRANTES DEL CONSEJO ACADÉMICO DE  
POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECIARIAS**

Por este medio informo a ustedes que he revisado la última versión del documento de la tesis titulada **“EFECTO DE TRES AGENTES QUIMIOPROTECTORES SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE HUEVO Y RESPUESTA INMUNE POST-VACUNAL EN GALLINAS DE POSTURA INTOXICADAS DE MANERA CRÓNICA CON AFLATOXINAS”** presentada por la MVZ. **MARIA CITLALI ORTIZ RICO GUEVARA**, misma que se deriva de los trabajos de investigación que desarrolló bajo el tutelaje del Dr. Teódulo Quezada Tristán.

Debido a que no he encontrado ningún elemento que impida su impresión, presentación y defensa en el examen de grado correspondiente, extiendo mi **VOTO APROBATORIO** para que pueda continuar con el proceso reglamentario de titulación del nivel maestría dentro del POSGRADO INTERISTITUCIONAL EN CIENCIAS PECUARIAS.

Atentamente

**“SELUMEN PROFERRE”**

Jesús María, Ags., a 10 de diciembre del 2009

**DR. ARTURO GERARDO VALDIVIA FLORES**

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE GENERAL	III
INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS	X
AGRADECIMIENTOS	XVI
INTRODUCCION	XVII
RESUMEN	XIX
<b>I ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
1.1 Importancia económica y social de la industria avícola en México	1
1.2 Gallinas Productoras de huevo	2
1.2.1 Características y Capacidad de la Hy-lyne variedad W-36	2
1.2.2 Programa de iluminación	4
1.2.3 Alimentación	4
1.2.4 Programa de vacunación	4
1.2.5 Sistema Inmune de las aves	5
1.3 Aspectos Generales de las Micotoxinas	5
1.3.1 Contaminación de alimentos por micotoxinas	6
1.4 Aflatoxinas	6
1.4.1 Mecanismos de acción de las aflatoxinas	9
1.4.2 Metabolismo de las Aflatoxinas	9
1.4.3 Absorción	9
1.4.4 Distribución	10
1.4.5 Biotransformación	10
1.4.6 Eliminación	12
1.5 Grado de toxicidad de las aflatoxinas	13
1.5.1 Efectos tóxicos de las aflatoxinas	14
1.5.2 Exposición crónica a las aflatoxinas	15
1.5.3 Patología macroscópica y microscópica	16
1.5.4 Cambios bioquímicos y patología clínica	17
1.5.5 Efectos sobre la reproducción	20
1.6 Inmunotoxicidad	21
1.6.1 Efectos sobre la producción de anticuerpos	22
1.6.2 Efectos sobre sustancias humorales no específicas	22
1.6.3 Efectos sobre la respuesta inmune mediada por células	23
1.6.4 Alteración de la resistencia a procesos infecciosos específicos	23
1.6.5 Mecanismos Implicados en la Inmunotoxicidad	23
1.7 Estrategias de Prevención, Descontaminación Inactivación y Detoxificación	24
1.7.1 Quimioprotección	25
1.7.2 La Etoxiquina como Quimioprotector	27
1.7.3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (SC).	29
1.7.4 N-acetilcisteína	29

CONTENIDO	PAGINA
<b>II HIPOTESIS</b>	<b>32</b>
<b>III OBJETIVO</b>	<b>32</b>
3.1 Objetivo General	32
3.2 Objetivos Particulares	32
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>33</b>
4.1 Ubicación	33
4.2 Material Biológico	33
4.3 Recepción de las Aves	33
4.3.1 Manejo de la parvada antes de la administración de los tratamientos	34
4.3.2 Formulación de la dieta base	36
4.3.3 Control y Monitoreo de Temperatura	37
4.4 Contaminación de la dieta base	37
4.5 Diseño experimental	38
4.6 Distribución espacial de campo y administración de dietas experimentales	39
4.7 Variables A Evaluar	40
4.7.1 Calidad del Huevo	40
4.7.1.1 Altura de albúmina	40
4.7.1.2 Color de la yema	42
4.7.1.3 Calidad de la cáscara y el tamaño del huevo	42
4.7.2 Parámetros productivos	43
4.7.2.1 Consumo de alimento diario (CADA)	43
4.7.2.2 Consumo acumulado por ave	43
4.7.2.3 Ganancia de peso diario (GPD)	43
4.7.2.4 peso semanal por ave (PMSA)	44
4.7.2.5 Índice de Conversión	44
4.7.2.6 Índice de Mortalidad	44
4.7.2.7 Índice de viabilidad de la parvada	44
4.7.2.8 Eficiencia alimentaría	45
4.7.2.9 Pesos del Huevo	45
4.7.2.10 Producción Gallina-día relativo	46
4.8 Titulación de Anticuerpos	46
4.8.1 Metodología de la prueba de HI	46
4.9 Metodología de la prueba de HI	52
4.9.1 Análisis estadístico	53
<b>V RESULTADOS</b>	<b>54</b>
5.1 Parámetros de calidad de huevo	54
5.1.1 Unidades Haugh	54
5.1.2. Tamaño del huevo, y calidad de la cáscara	56
5.2 Parámetros Productivos	60
5.2.1 Promedio semanal de huevo por ave	60
5.2.2 Peso del huevo	64
5.2.3 Consumo de alimento diario por ave	65
5.2.4 Índice de conversión alimenticia	67
5.2.5 Producción gallina día real	70
5.2.6 Eficiencia Alimentaria	71

CONTENIDO	PAGINA
5.3 Resultados periodo dos	73
5.3.1 Parámetros de calidad de huevo	73
5.3.1.1 Unidades Haugh	74
5.3.1.2 Diámetro Polar y Ecuatorial	74
5.3.1.2.1 Diámetro Polar	74
5.3.1.2.2 Diámetro Ecuatorial	76
5.4 Parámetros Productivos	79
5.4.1 Promedio semanal de huevo por ave	79
5.4.2 Peso del huevo	80
5.4.3 Consumo diario de alimento	82
5.4.4 Índice de conversión alimenticia	85
5.4.5 Producción gallina día	87
5.4.6 Eficiencia alimentaría	88
5.5 Resultados tercer periodo	90
5.5.1 Parámetros de Calidad de Huevo	91
5.5.1.1 Unidades Haugh	91
5.5.1.2. Diámetro Polar y Ecuatorial	92
5.5.1.2.1. Diámetro Polar	92
5.6 Parámetros Productivos	95
5.6.1 Promedio de huevos por ave	95
5.6.2 Peso del huevo	96
5.6.3 Consumo de alimento diario	98
5.6.4 Índice de convención alimenticia	100
5.6.5 Producción gallina día	102
5.6.6 Eficiencia alimentaría	103
<b>VI DISCUSIÓN</b>	105
6.1 Respuesta inmune post vacunal	105
6.1.1 Parámetros de calidad de huevo	106
6.2 Parámetros de producción	107
6.2.1 Promedio semanal de huevos por ave	107
6.2.2 Peso del huevo	108
6.2.3 Producción gallina día	109
6.2.4 Consumo diario de alimento	110
6.2.5 Índice de conversión alimenticia	111
6.2.6 Eficiencia alimentaría	112
<b>VII CONCLUSIONES</b>	115
<b>VIII BIBLIOGRAFIA</b>	117

## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO		PAGINA
Tabla No. 1	Principales estados productores de huevo 2007	1
Tabla No. 2	Recomendaciones mínimas de nutrición	2
Tabla No. 3	Parámetros productivos en gallinas Hy-Line	3
Tabla No. 4	Características Físicas de las Aflatoxinas	9
Tabla No. 5	DL <sub>50</sub> mg / kg de peso corporal en diferentes especies	14
Tabla No. 6	Calendario de vacunación para gallinas de postura de la línea hy-line W36 de Postura	35
Tabla No. 7	Programa de luz decreciente de gallinas de postura de la línea hy-line W36	36
Tabla No. 8	Dieta para la etapa de producción de gallinas de postura de la línea hy-line W36	37
Tabla No. 9	Grupos para la intoxicación con aflatoxinas y de los tratamientos con agentes quimioprotectores en gallinas de postura	39
Tabla No. 10	Grados de Clasificación del huevo	41
Tabla No. 11	Clasificación de huevo por su peso	45
Tabla No. 12	Factor de dilución y equivalencia con el logaritmo	52
Tabla No. 13	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre calidad de huevo expresado en unidades Haugh, en un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media ± EE)	54
Tabla No. 14	Calculo del promedio de la diferencia entre el diámetro polar y ecuatorial durante el ciclo productivo de aves alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, en un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media ± EE)	56
Tabla No. 15	Promedio del Diámetro polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ .En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media ± EE)	57
Tabla No. 16	Promedio del Diámetro Ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media ± EE)	57
Tabla No. 17	valor logarítmico que corresponde al factor de dilución observado durante la prueba de inhibición de la hemaglutinación	60

Tabla No. 18	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	61
Tabla No. 19	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Peso del huevo de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	64
Tabla No. 20	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Consumo de Alimento Diario En Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	66
Tabla No. 21	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el Índice de conversión alimenticia de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	68
Tabla No. 22	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Producción Gallina Día de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	70
Tabla No. 23	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre, Eficiencia Alimentaria en Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	72
Tabla No. 24	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Calidad de huevo expresado en unidades Haugh, En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	74
Tabla No. 25	Promedio del Diámetro Polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ .En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	75
Tabla No. 26	Promedio del Diámetro Ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	77
Tabla No. 27	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	79
Tabla No. 28	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Peso del huevo de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56de edad). (Media $\pm$ EE)	81

Tabla No. 29	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Consumo de Alimento Diario En Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	83
Tabla No. 30	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el Índice de conversión alimenticia de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	85
Tabla No. 31	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Producción Gallina Día de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	87
Tabla No. 32	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre, Eficiencia Alimentaria en Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media $\pm$ EE)	89
Tabla No. 33	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Calidad de huevo expresado en unidades Haugh, En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	91
Tabla No. 34	Promedio del Diámetro Polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ .En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	93
Tabla No. 35	Promedio del Diámetro Ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	94
Tabla No. 36	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	96
Tabla No. 37	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Peso del huevo de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 63 de edad). (Media $\pm$ EE)	98
Tabla No. 38	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Consumo de Alimento Diario En Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	100
Tabla No. 39	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el Índice de conversión alimenticia de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 63 de edad). (Media $\pm$ EE)	102

Tabla No. 40	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Producción Gallina Día de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad). (Media $\pm$ EE)	103
Tabla No. 41	Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre, eficiencia alimentaria en gallinas de postura en un periodo de 17 semanas de producción (57a 73 de edad). (Media $\pm$ EE)	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO		PÁGINA
Figura No. 1	Estructura química de las aflatoxinas primarias.	8
Figura No. 2	Estructura química de la etoxiquina	28
Figura No. 3	Estructura y formula química de la NAC	31
Figura No. 4	Diseño Experimental	38
Figura No. 5	Interpretación del titulo de antígenos	48
Figura No. 6	Controles para antígeno de ENC	49
Figura No. 7	Interpretación de las unidades Hemoaglutinantes	50
Figura No. 8	Interpretación de resultados	51
Figura No. 9	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) la calidad de huevo expresada en unidades Haugh, en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.	55
Figura No. 10	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el tamaño del huevo en relación a su longitud polar , en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.	58
Figura No. 11	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el tamaño del huevo en relación a su longitud ecuatorial , en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.	59
Figura No.12	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0panel A), 0.5 panel B), 1.0 Panel C) y 1.5 Panel D) mg/Kg. de alimento) y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , N acetilcisteina, y Etoxiquinas, sobre el numero de huevos puesto semanalmente por ave, en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.	62

CONTENIDO	PÁGINA
<p>Figura No. 13 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/Kg de alimento (Panel A, Panel B, 1.0 Panel C y Panel D respectivamente) y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, NAC y EQ, sobre el numero de huevos puesto semanalmente por ave, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39.</p>	63
<p>Figura No. 14 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el pesos del huevo , en aves de postura Hy67-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.</p>	65
<p>Figura No. 15 Efecto del uso de la AFs 0 .0. (Panel A) y 1.5 (panel B) mg/Kg. de alimento. Y su interacción con los quimioprotectores <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, N acetilcisteina, y Etoxiquina, sobre el consumo de alimento diario por ave, en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.</p>	66
<p>Figura No. 16 Efecto del uso de la AFs 0.0 (Panel A) y 1.5 (panel B) mg/Kg de alimento y su interacción con los quimioprotectores <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, NAC y EQ, sobre el consumo de alimento diario por ave, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39.</p>	67
<p>Figura No. 17 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el índice de conversión alimenticia en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.</p>	69
<p>Figura No. 18 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (Panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción gallina día, en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.</p>	71

CONTENIDO		PÁGINA
Figura No. 19	Efecto de A Fs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39.	73
Figura No. 20	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la longitud polar medida en centímetros del huevo de aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a 56.	76
Figura No. 21	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la longitud ecuatorial medida en centímetros del huevo de aves de postura Hy- Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56	78
Figura No. 22	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción semanal de huevo por ave en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.	80
Figura No. 23	Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el peso del huevo en gallinas de postura Hy- Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.	82

CONTENIDO	PÁGINA
<p>Figura No. 24 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el consumo diario de alimento en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.</p>	84
<p>Figura No. 25 Efecto <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, N acetilcisteína, y Etoxiquina, sobre el consumo diario de alimento en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.</p>	85
<p>Figura No. 26 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el índice de conversión en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.</p>	86
<p>Figura No. 27 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (Panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción gallina día en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.</p>	88
<p>Figura No. 28 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56.</p>	90
<p>Figura No. 29 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) la calidad de huevo expresada en Unidades Haugh en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	92

CONTENIDO	PÁGINA
<p>Figura No. 30 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el tamaño del huevo en su longitud polar en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	94
<p>Figura No. 31 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el tamaño del huevo en su longitud ecuatorial en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	95
<p>Figura No. 32 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el numero promedio semanal de huevos por aves en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	97
<p>Figura No. 33 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el peso del huevo en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el numero promedio semanal de huevos por aves en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	99
<p>Figura No. 34 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el consume de alimento diario por aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73</p>	101

CONTENIDO	PÁGINA
<p>Figura No. 35 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre índice de conversión alimenticia en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	102
<p>Figura No. 36 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (Panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción gallina día en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	104
<p>Figura No. 37 Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/Kg. de alimento). (panel A), y la interacción con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Panel B), N acetilcisteina (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73.</p>	105

---

**AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) por su apoyo financiero para cubrir los gastos de inversión y de operación, dichos recursos provienen del proyecto institucional con clave PIP/SA 07-2, el cual también cuenta con fondos económicos procedentes del PIFI 3.3 y PIFI 2007.

Agradezco a la empresa Proteína Animal S. A. por la donación en especie de material biológico (aves de postura) y a la empresa Investigación Aplicada S. A. (IASA) por contribuir con jaulas de crianza para las aves.



---

## INTRODUCCION

La industria avícola mexicana ha logrado consolidarse a lo largo de los años como la actividad pecuaria más importante de México. Nuestro país ocupa el primer lugar mundial en consumo de huevo fresco con 22.1 Kg. *per capita* anuales. Por lo que se refiere al pollo, México se ubica en el sexto lugar a nivel mundial registrando un consumo *per capita* de 24.9 Kg. La producción de huevo durante la última década creció a un ritmo anual de 4.1%. (Unión Nacional de Avicultores, 2005).

La alimentación de las aves de postura es uno de los aspectos de mayor impacto en las explotaciones pecuarias, ya que representa del 70 al 80% de los costos de producción, y es el vehículo de numerosos trastornos a la salud de las aves, por lo que deben plantearse estrategias que permitan asegurar la calidad nutricional y la inocuidad del alimento a fin de optimizar el aprovechamiento de los nutrientes y la obtención de animales de alta calidad para consumo humano.

Actualmente se pretende incrementar la eficiencia productiva de las gallinas de postura mejorando la calidad e inocuidad del alimento destinado al sector avícola, destacando la prevención de la contaminación por micotoxinas. Es frecuente encontrar contaminación con alguna o con la combinación de varias micotoxinas en los granos y alimentos destinados a la alimentación pecuaria por lo que se recomienda el uso de quimioprotectores como la etoxiquina (EQ) el *Saccharomyces cerevisiae* (SC) y la n-acetilcisteína (NAC). Es importante valorar la efectividad del uso de estos quimioprotectores en dietas contaminadas con aflatoxinas sobre los parámetros productivos y sus efectos toxicológicos ya que existen pocos estudios que involucren conjuntamente la aplicación de una intoxicación crónica con aflatoxinas y la adición de un quimioprotector como tratamiento de detoxificación en gallinas con micotoxicosis.

El problema de micotoxinas en gallinas de postura ocasiona importantes pérdidas económicas al verse afectados los parámetros productivos y de calidad de huevo, además de producir trastornos a la salud tales como una disminución en el sistema inmune de las aves, Por lo que el estudio de

quimioprotectores en raciones contaminadas con aflatoxinas resulta de gran impacto e interés en la industria avícola.



---

**RESUMEN**

Efecto de tres agentes quimioprotectores sobre los parámetros productivos, calidad de huevo y respuesta inmune post-vacunal en gallinas de postura intoxicadas de manera crónica con aflatoxina B<sub>1</sub>.

El presente estudio fue conducido para evaluar el efecto de quimioprotección ejercido por *Saccharomyces cerevisiae*, (SC) N-acetilcisteína (NAC) y Etoxiquina (EQ) sobre los índices de productividad, calidad de huevo y respuesta inmune post-vacunal a la enfermedad de Newcastle en aves de producción de huevo para plato que fueron expuestas de manera crónica a concentraciones crecientes de Aflatoxina B<sub>1</sub>. 480 gallinas de postura Hy-Lyne W-36 de un día de edad fueron criadas mediante procedimientos estándar (Hy-Lyne W-36, Se formularon 16 dietas experimentales: T<sub>1</sub>: Grupo control que consiste en alimento comercial sin niveles detectables de aflatoxina, T<sub>2</sub>: SC 5 g/Kg., T<sub>3</sub>: NAC. 800 mg/Kg., T<sub>4</sub>: EQ 500 mg/kg, T<sub>5</sub>: AFB 0.5 mg/kg, T<sub>6</sub>: SC + AFB 0.5 mg/Kg., T<sub>7</sub>: NAC + AFB 0.5 mg/kg, T<sub>8</sub>: EQ+AFB 0.5 mg/kg, T<sub>9</sub>: AFB 1.5 mg/kg, T<sub>10</sub>: SC+AFB 1.0 mg/kg, T<sub>11</sub>: NAC+AFB 1.0 mg/kg, T<sub>12</sub>: EQ+AFB 1.0 mg/kg, T<sub>13</sub>: AFB 1.5 mg/kg, T<sub>14</sub>: SC+AFB 1.5 mg/kg, T<sub>15</sub>: NAC+AFB.5 mg/kg , T<sub>16</sub>: EQ+AFB 1.5 mg/Kg. La administración de las dietas comenzó la semana de edad de las aves y fue constante hasta terminar el ciclo de producción, la producción de huevo se recogió diariamente durante 365 días.

El huevo recogido se pesó, y medio semanalmente para cada tratamiento. Los resultados se dividieron en tres periodos experimentales de diecisiete semanas cada uno. Para evaluar la respuesta inmune se efectuaron tres sacrificios con tres repeticiones por tratamiento se obtuvo suero sanguíneo que se analizó mediante la prueba de inhibición de la hemaglutinación.

Las aves tratadas se observaron clínicamente sanas durante el desarrollo de la investigación, no se observaron lesiones sugerentes de una aflatoxicosis, los resultados de las pruebas serológicas para cuantificación de anticuerpos circulantes mediante la técnica de inhibición de la hemaglutinación arrojaron que la presencia de anticuerpos vacúnales en las aves fue el óptimo en todo momento por lo que el sistema inmune no se vio perturbado por la presencia de las aflatoxinas y/o los agentes quimioprotectores, Los parámetros

de calidad de huevo es decir tamaño, peso, color de la yema, unidades Hugh, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los tratamientos. Variables tales como promedio semanal de huevo por ave, consumo de alimento diario, índice de conversión, eficiencia alimenticia disminuyeron significativamente al administrar el alimento adicionado con AFs a razón de 1.0 mg/Kg. Esto durante el primer periodo experimental.

Se observó que con la adición tanto de N-acetilcisteína como de Etoxiquina ya fueran estos compuestos adicionados a la dieta basal o interactuando con la AFs en dosis de 1.0 mg/Kg. La disminución ocasionada por esta cantidad no se hizo evidente. Se observó que al adicionar *Saccharomyces cerevisiae* variables tales como promedio de semanal de huevo por aves, consumo de alimento diario, índice de conversión y eficiencia alimentaria disminuyeron significativamente ( $P < 0.05$ ). Para el segundo periodo de 17 semanas se observó que la tendencia a disminuir en las variables de producción al adicionarse AFs 1.0mg/kg continuo sin embargo para esta segundo periodo estas disminución ya no tubo significancia estadística, una vez mas la adición tanto de N-acetilcisteína como de Etoxiquina dejo manifiesta el efecto de protección. En el tercer periodo se observó que los 16 tratamientos objeto de este estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en ninguna de las variables analizadas.

Los resultados de este estudio evidenciaron que el efecto dosis-respuesta de la aflatoxina B<sub>1</sub> esta ampliamente ligado a la edad y genero de las aves, se hace evidente que con la adición se N-acetilcisteína y Etoxiquina dicho efecto no se manifiesta y los índices de productividad las aves expuestas a el toxico no se ve ven mermados por lo que pueden ser considerarlos agentes quimioprotectores.

## I. ANTECEDENTES

## 1.1 Importancia económica y social de la industria avícola en México

En el contexto internacional, México ocupa el quinto lugar como país productor de huevo, con una aportación de 2.3 millones de toneladas. El sector avícola mexicano participa con el 63.2% de la producción pecuaria de los cuales el 30.1% corresponde a la producción de huevo. México cuenta con una parvada de más de 130 millones de gallinas ponedoras, La producción de huevo durante la última década creció a un ritmo anual de 4.1%. El 97% de la producción de huevo en México durante 2005, se produjo en 7 Estados, el 81% lo producen Puebla, Jalisco, Sonora y la Región Lagunera (Tabla No. 1).

En México las importaciones de huevo y sus productos de 2004 a 2005 se incrementaron 40.6%. México es el principal consumidor de huevo fresco en el mundo. Para el año 2008 el consumo per-cápita llegó a 22.1Kg. El consumo de huevo por habitante se sigue incrementando cada año, la tasa media de crecimiento anual de los últimos años fue de casi 2%.

**Tabla No. 1** Principales estados productores de huevo 2007

Estados Productores	Producción en %
Jalisco	50
Puebla	18
Sonora	7
La Laguna	6
Nuevo León	5
Sinaloa	4
Guanajuato	3
<b>Resto de los estados</b>	<b>4</b>

Adaptado de UNA 2007

La industria avícola posee importancia económica y social ya que actualmente proporciona la fuente de proteína animal más barata a la población del país ya que el 98% de la población urbana y el 27% de la rural consumen huevo y carne de pollo pues la proteína que aporta en carne y huevo, principalmente éste último producto, es de lo más barato. Uno de los factores

más importantes para lograr lo anterior, es sin duda la nutrición aviar. Ya que ésta representa cerca del 60 al 70% de los costos de producción (UNA 2007).

## 1.2 Gallinas Productoras de huevo

El huevo de gallina constituye uno de los alimentos más abundantes y comunes de la dieta humana. La domesticación de las gallinas supuso la posibilidad de disponer de este alimento en todo momento. En la actualidad se han desarrollado nuevas estirpes de gallinas de postura, logrando con esto lograr una mayor eficiencia en los índices de productividad. Las líneas mejoradas para producir huevo blanco descienden de la raza: Legrón Blanca. Entre las líneas productoras de huevo blanco se encuentran Babcock B-300, Decalva XL y 171, Fisher 107, Hysex, H y N Nick Chick, Hubbard Legohrn, Hy-Lyne W36 y W98, Shaver Starcross, Tatum T 100, Welp Line 975, Lohmann, White LSL. (Hy-lyne). La crianza y explotación de gallinas de postura comprende tres etapas las cuáles son iniciación y crecimiento, desarrollo, y producción, (pre postura y postura) en cada una de ellas las aves tienen necesidades de alimentación, (tabla 2) espacio y manejo (Nilipour, 2007.)

**Tabla No. 2** Recomendaciones Mínimas de Nutrición

Etapa	Edad en Semana	Proteínas	Energía M. Kcal./Kg.
Iniciación	Hasta las 12semanas	20-18	2915-3080
Desarrollo (Crecimiento)	Hasta las 17 semanas	16	3025-3135
Postura	Hasta las 80 semana	15.5 17.5( En máxima producción)	3000-2970

Adaptado de Hy-line (2007) <http://www.hyline.com>

### 1.2.1 Características y Capacidad de la Hy-lyne variedad W-36

Las gallinas Hy-Line, son razas ligeras o livianas, productoras de huevos blancos, de crecimiento lento, con un rápido emplumaje en blanco; se

caracterizan por ser precoces ya que inician la postura entre las 18 y 20 semanas de edad (Quintana; 1999).

Durante el período de crecimiento es decir hasta las 17 semanas de edad de las aves se espera una viabilidad del 97-98%, y que las aves tengan un peso corporal promedio de 1.25 kg. Para el período de postura a partir de las 20 semanas de edad y hasta las ochenta semanas los índices de productividad esperados son los siguientes (Tabla No. 3).

**Tabla No. 3** Parámetros productivos en gallinas hy-line

Parámetro zootécnico	Hy-Lyne
Porcentaje de producción máxima	93 – 94
Huevos gallina encasetada a las 60 semanas	232 – 238
Huevos gallina encasetada a las 80 semanas	333 – 341
Viabilidad a las 60 semanas (%)	98
Viabilidad a las 80 semanas (%)	96
Días a 50% de producción (desde el nacimiento)	153
Peso promedio del huevo a las 32 semanas g/huevo	58.4
Peso promedio del huevo a las 70 semanas g/huevo	63.4
Masa total del huevo por ave alojada (19 a 80 semanas; kg)	20.5
Peso corporal a las 32 semanas (kg)	1.52
Peso corporal a las 70 semanas (kg)	1.58
Resistencia de la cáscara	Excelente
Unidades Hugh a las 32 semanas	92
Unidades Hugh a las 70 semanas	81
Promedio del consumo diario de alimento (19 – 80 semanas) g/ave/día	92
Alimento por kg de huevo (20 – 60 semanas; kg)	1.85
Alimento por kg de huevo (20 – 80 semanas; kg)	1.91
Alimento por docena de huevos (20 – 60 semanas; kg)	1.32
Alimento por docena de huevos (20 – 80 semanas; kg)	1.39

Tomado de Hy-line (2007) <http://www.hyline.com>

### 1.2.2 Programa de iluminación

La luz utilizada durante el desarrollo de las aves, afecta la madurez sexual, por lo tanto ésta debe controlarse constantemente. Al adelantar la entrada en producción, se alarga el período de producción de huevo pequeño y se reduce el período de postura. Esto lógicamente reduce los ingresos por venta de huevos, al ser menos cantidad y más pequeños (Hy-Lyne 2007). El propósito de establecer un programa de iluminación consiste en lograr la máxima tasa de producción de huevos y el óptimo tamaño de los mismos.

### 1.2.3 Alimentación

La alimentación se debe hacer a base de alimentos concentrados específicos para cada etapa de la vida de las aves; esto por cuanto las necesidades nutricionales de cada una es diferente, así por ejemplo tenemos que: En la etapa de crianza que va de los 0 a las 8 semanas, se utiliza alimento "iniciador de reproductora" a libre consumo. Iniciándose con 10-12 g por ave por día y aumentándose entre 4 y 6 g por ave por semana (la primera semana se dan 10 g/ave/día y a la sexta semana se dan alrededor de 40 g/ave/día) y así sucesivamente. De la semana 9 a la 14 se utiliza alimento "predesarrollo o desarrollo de reproductora", suministrado a libre consumo. De la semana 15 a la 20 se les da alimento "desarrollo de reproductora"; suministre 68 g por ave por día, aumentando 5 g/ave/semana. De las 20 semanas en adelante se utiliza alimento de "reproductora" (Hy- Lyne 2007).

### 1.2.4 Programa de vacunación

En general las gallinas ponedoras deben ser vacunadas contra Newcastle, bronquitis, Gumboro, Encefalomiелitis aviar, Influenza, el programa de vacunación exacto depende de muchos factores como la exposición previa a enfermedades, inmunidad maternal, tipo de vacunas disponibles y ruta de administración preferidas, de manera que no se puede recomendar un solo

programa para todos los lugares. Antes del traslado a la caseta de producción, se debe realizar una desparasitación interna (Hy-Lyne 2007).

### 1.2.5 Sistema inmune de las aves

El sistema inmune en aves de corral, al igual que en los seres humanos, ha desarrollado varios niveles en las estrategias de defensa para hacer frente a una amplia gama de patógenos. Estos consisten en los esfuerzos altamente coordinados mediados por los componentes de la inmunidad natural y adaptativa. (Davison, 1996; Abbas y Lichtman, 2003). Los órganos implicados en el sistema inmune del pollo son la Bolsa de Fabricio, timo, bazo, médula y sistema epitelial.

### 1.3 Aspectos generales de las micotoxinas

El término de micotoxinas deriva de las palabras griegas “mykes” (hongo) y “Toksicons” (veneno). Las micotoxinas son metabolitos fúngicos cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad, hace enfermar o causa la muerte de animales (sin excluir las aves) y Personas (Pitt y Miscamble, 1995). El hongo *Aspergillus flavus* es el principal productor de las AFB y AFB<sub>2</sub> mientras que el *Aspergillus parasiticus* produce las cuatro toxinas primarias (Park *et al.*, 1996). La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) en 1993 ubicó a la AFB dentro del grupo I (uno), dado que hay evidencia suficiente para afirmar que es carcinogénica para los humanos. Las micotoxinas se encuentran en diversos alimentos y piensos y se han relacionado (Mayer, 1953) con diversas enfermedades de animales y personas. La exposición a micotoxinas puede producir toxicidad tanto aguda como crónica, con resultados que van desde efectos nocivos en el sistema nervioso central, cardiovascular y respiratorio y en el aparato digestivo, hasta la muerte.

### 1.3.1 Contaminación de alimentos por micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios tóxicos producidos por hongos que al estar presentes en productos agrícolas alteran su textura, sabor y color, afectando la calidad de los mismos (FAO, 1993).

La contaminación de alimentos y materias primas para piensos con micotoxinas, es un problema muy importante a nivel mundial; Son muchas las especies de hongos que pueden producir toxinas en los alimentos, ya sea durante el crecimiento de los cultivos o tras su cosecha, durante el almacenaje, transporte, procesado y utilización de los piensos en la granja. La temperatura, humedad y la actividad de diferentes insectos son factores ambientales que pueden favorecer la diseminación y crecimiento del hongo y la producción de micotoxinas. Por otra parte, son también importantes las condiciones ambientales y de manejo presentes durante la cosecha, el almacenaje y el transporte (Blandon y Muzaffer, 2006).

Investigaciones recientes han concluido de cerca del 25% de las cosechas de granos en el mundo se encuentran contaminadas por micotoxinas (Fink-Gremmels.,1999); En México Estudios realizados por Flores *et al.*, en el 2002 concluyen que el 65.06% de las muestras que se analizaron presentaron cantidades detectables de aflatoxinas y el 13.17% presento niveles superiores a los que se aceptan en las normas de regulación de micotoxinas ; en el Estado de Aguascalientes Ortiz *et al.*, (1994) encontraron que el 52% de las muestras analizadas se encontraban contaminadas con aflatoxina B<sub>1</sub> . La ingestión de alimentos contaminados con micotoxinas reduce la productividad y disminuye la calidad sanitaria de los productos, afectando la salud animal y humana. (Rustom, 1997).

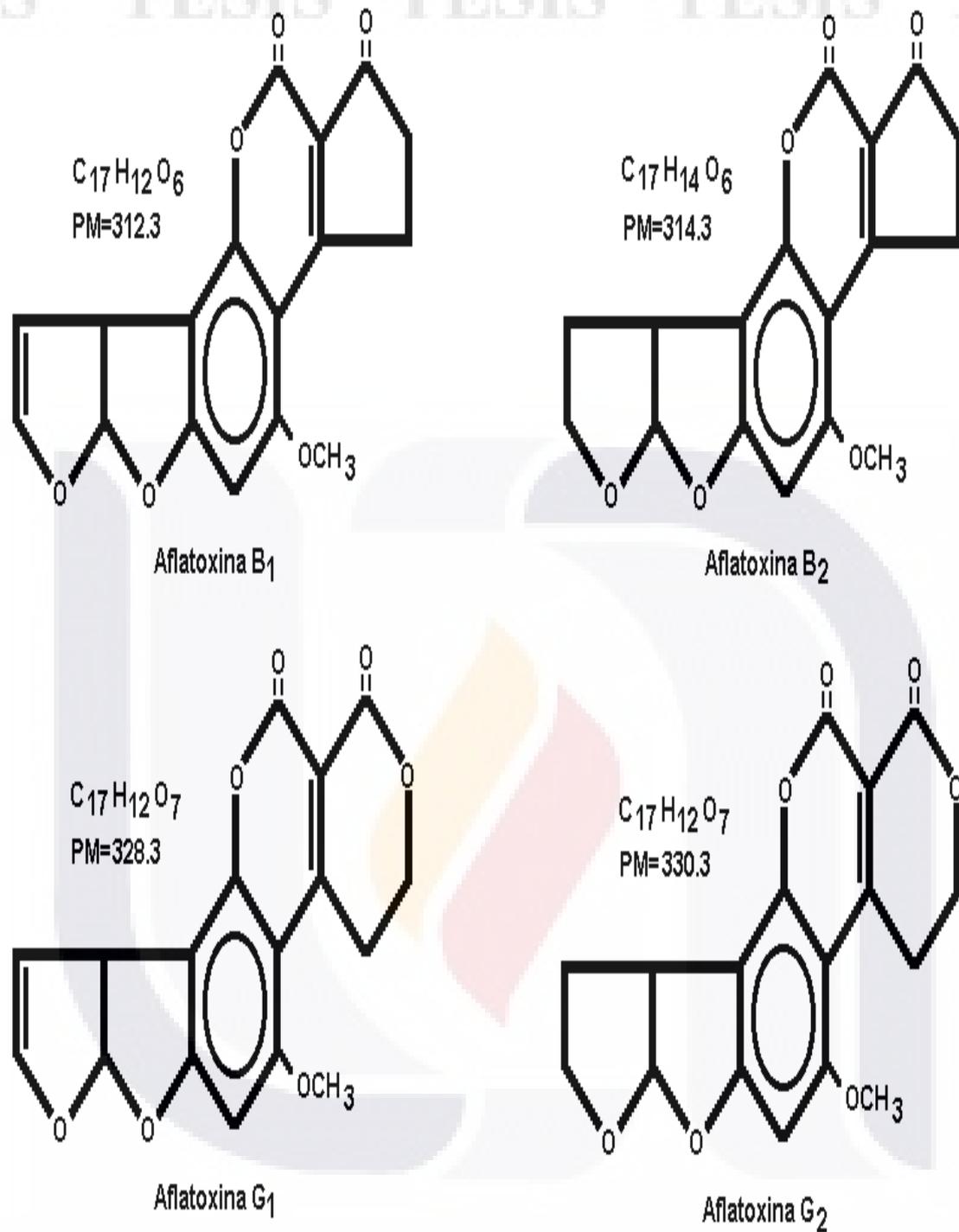
### 1.4 Aflatoxinas

Las aflatoxinas forman parte del grupo de micotoxinas. Químicamente las aflatoxinas son difuro-cumarolactonas. Su estructura consiste de un anillo bifurano fusionado a un núcleo cumarínico con un anillo pentenónico (en aflatoxinas B y M), son inodoras, insípidas e incoloras. Químicamente, son

estables en los alimentos y resistentes a la degradación bajo procedimientos de cocción normales (Tabla No. 4).

Las especies del género *Aspergillus* son mohos que pertenecen a la flora de almacenamiento. Generalmente, estos necesitan de un mínimo de temperatura y actividad de agua ( $a_w$ ) por convertir y producir aflatoxinas a 10 a 12 °C y 0.75 a 0.83 respectivamente, las condiciones óptimas de crecimiento del *Aspergillus* y la producción de aflatoxinas es de 25°C con una actividad de agua de 0.95. No obstante, algunas cepas de *Aspergillus flavus*, tienen un crecimiento en substratos como el arroz a temperaturas que van de los 6 a los 45°C con una temperatura óptima de 37°C, y una producción de aflatoxinas entre 11 y 36°C con un máximo de producción a los 30°C ( Hesseltine, 1976). Las aflatoxinas son producidas por diversos grupos de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, actualmente se conocen 18 tipos de aflatoxinas, sin embargo las más importantes son : la aflatoxina B<sub>1</sub> (AFs), la aflatoxina B<sub>2</sub> (AFB<sub>2</sub>), la aflatoxina G<sub>1</sub> (AFG<sub>1</sub>) y la aflatoxina G<sub>2</sub> (AFG<sub>2</sub>) siendo consideradas la aflatoxina B<sub>1</sub> (AFs) y la aflatoxina M<sub>1</sub> (AFM<sub>1</sub>) las más tóxicas. Figura No. 1 La denominación B o G de las AFs, deriva del color de la fluorescencia de cada toxina en respuesta a la presencia de la luz ultravioleta, las AFs y AFB<sub>2</sub> emiten la fluorescencia azul (*Blue*,  $\lambda=222-363$  nm), mientras que las AFG<sub>1</sub> y AFG<sub>2</sub> emiten una fluorescencia verde-amarillenta (*Green*,  $\lambda=214-363$  nm) (Castegnaro *et al.*, 1991; Budavari, 1989).

La aflatoxina M<sub>1</sub> es un hidroxilado metabólico de la aflatoxina B<sub>1</sub>, que es originado por el metabolismo de algunos animales y encontrado en la leche y la orina. Las aflatoxinas son encontradas naturalmente como contaminantes de cereales, son altamente carcinogénicas, teratogénicas, y tienen actividad mutagénica, el mayor efecto producido por las aflatoxinas es hepatotoxicidad; sin embargo, también pueden producir problemas en el riñón, además del hígado y el cerebro (Hesseltine, 1976; Edds, 1979). Las aflatoxinas son inmunosupresoras, puesto que inhiben la fagocitosis y la síntesis de proteínas (anticuerpos y proteínas), interrumpen la síntesis de DNA y De RNA, así como también la síntesis proteica de los ribosomas. La absorción de aminoácidos se altera conduciendo a un aumento y retención de los aminoácidos hepáticos (Sharma, 1993).



**Figura No. 1** Estructura química de las aflatoxinas primarias.  
Adaptado de IARC (1993)

**Tabla No. 4** Características Físicas de las Aflatoxinas

Tipo de Aflatoxina	Fórmula Estructural	Peso Molecular (g/mol)	Punto Fusión °C
<b>B<sub>1</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	312	268-269
<b>B<sub>2</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	314	286-289
<b>G<sub>1</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328	244-246
<b>G<sub>2</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330	237-240
<b>M<sub>1</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	328	299
<b>M<sub>2</sub></b>	C <sub>17</sub> H <sub>14</sub> O <sub>7</sub>	330	293

Adaptado de Peña y Duran 1990

#### 1.4.1 Mecanismos de acción de las aflatoxinas

La AFs inhibe la síntesis del ARN y, por consiguiente, inhibe la síntesis de proteínas (Yu, 1995). Un mecanismo de acción a nivel molecular que ha sido descrito, consiste en que el epóxido que resulta de la biotransformación de la AFs, es altamente reactivo y forma conjugados covalentes con el ADN, ARN y proteínas (Hayes y Campbell, 1986). Se considera que dicho epóxido es esencial para los efectos biológicos de la AFs (O'Brien y col., 1983).

#### 1.4.2 Metabolismo de las aflatoxinas

#### 1.4.3 Absorción

La absorción de la AFs a nivel del intestino delgado se realiza mediante difusión pasiva y dependiente de la composición lipídica del epitelio intestinal (Hsieh y Wong, 1994). Para luego ser transportadas, vía sanguínea, hacia el hígado donde son metabolizadas (Agag, 2004; Wilson *et al.*, 1994; Kumagai, 1989; Coulombe 1985;).

#### 1.4.4 Distribución

Del intestino la AFs aparentemente entra al hígado por abastecimiento de la sangre portal (Wilson y col., 1985). La AFs es altamente concentrada en el hígado no solamente después de la administración oral sino también por vía ip. E intravenosa (iv). Los riñones también son capaces de concentrar la AFs, aunque en menor cantidad. El tracto gastrointestinal esta expuesto a AFs inicialmente en la dieta y subsecuentemente a los metabolitos de la AFs de la bilis, la cual es la mejor ruta de excreción de esta toxina.

#### 1.4.5 Biotransformación

El hígado representa el principal órgano que metaboliza compuestos endógenos y exógenos. Las variaciones para metabolizar compuestos entre especies se atribuyen, entre otros factores, a los diferentes niveles y formas de expresión de las enzimas hepáticas involucradas en los procesos metabólicos de oxidación y de la conjugación de xenobióticos y sustancias endógenas. Las especies aviares están expuestas a un espectro amplio de xenobióticos, por ejemplo al uso de aditivos en el alimento balanceado, que es necesario en la industria avícola para prevenir ataques bióticos o para mejorar los parámetros zootécnicos (Coulet, Eeckhoutte y Galtier, 1996).

Las reacciones de biotransformación enzimática básicas para los xenobióticos, se divide conceptualmente en reacciones de fase I, que consisten en mecanismos de oxidación, reducción e hidrólisis, y las de fase II, en las cuales los metabolitos producidos durante la fase I, son conjugados con sustancias endógenas con el propósito de facilitar su excreción. La conjugación puede ocurrir con varios compuestos incluyendo el ácido glucurónico, sulfatos, aminoácidos, glutatión y la metilación o acetilación de grupos funcionales (Hsieh y Wong, 1994).

**Reacciones de Fase I.** Durante la fase I del metabolismo, las diferentes formas de aflatoxina son biotransformadas por las isoformas, 1A2, 2A6 y 3A4 del citocromo P<sub>450</sub> (CYP<sub>450</sub>) del sistema de oxidasas de función mixta de las células hepáticas y renales (Coulet, Eeckhoutte y Galtier, 1996; Hodgson, 1997).

El papel del metabolismo extrahepático, particularmente en el intestino delgado, puede ser importante en la modulación de la toxicidad y la carcinogenicidad *in vivo*, ya que los enterocitos del epitelio del intestino delgado contienen niveles altos de CYP3A y metabolizar la aflatoxina, posiblemente limitando la absorción de los compuestos carcinogénicos (Kolars, *et al.*, 1994).

La ruta metabólica del éter vinílico de doble ligadura presente en el anillo bifurano de la AFs, es la epoxidación. El producto resultante es el radical libre, 8,9-epóxido, compuesto altamente reactivo que puede formar aductos con ADN con sitios nucleofílicos del ADN, posible mecanismo responsable de la carcinogenicidad y mutagenicidad de la AFs. Otros metabolitos que se forman a partir de AFs, AFQ<sub>1</sub>, AFM<sub>1</sub> y AFP<sub>1</sub> junto con otras aflatoxinas que se presentan naturalmente, AFB<sub>2</sub>, AFG<sub>1</sub> y AFG<sub>2</sub>, son sustratos muy pobres para la epoxidación y por ello consecuentemente, son menos tóxicos que la AFs. Sin embargo, pueden ser útiles como biomarcadores de exposición ya que en su mayoría pueden ser detectados en la orina (Groopman *et al.*, 1985).

La acción del CYP<sub>450</sub> sobre el doble enlace del anillo furano terminal de la AFs genera el epóxido 8,9- AFs el cual no se había aislado intacto debido a su labilidad en soluciones acuosas (Vida media, ( $t_{1/2}$ ) = 5 segundos), pero se había inferido su existencia debido al aislamiento combinado con compuestos nucleofílicos y con glutatión (GSH) cuando éste se adiciona en conjunto de la enzima glutatión-S-transferasa (GST) (Eaton y Gallagher, 1994; Eaton y Gallagher, 1994; Hsieh y Wong, 1994; Loechler, 1994).

El grupo carbonilo C<sub>1</sub> presente en la AFs y AFB<sub>2</sub> puede ser reducido a un grupo hidroxilo para formar ciclopentoles de aflatoxicol (AFOH) y dihidroaflatoxicol. Esta reacción no es afectada por enzimas microsomales sino por una enzima citosólica dependiente de nicotín dinucleótido de adenosina (NADPH). La reducción de AFs a AFOH ciclopentol por tal enzima, se ha observado en el hígado del pato (Patterson y Roberts, 1970). El AFOH puede ser reoxidado a AFs mediante una deshidrogenasa microsomal, por lo que es considerada por algunos investigadores como una forma de almacenaje de la AFs (Hsieh y Wong, 1994).

Las aflatoxinas M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> provienen del metabolismo de AFs y AFB<sub>2</sub> en el interior de los organismos humanos, animales y vegetales (Van Egmond, 1994). En rumiantes la AFs que se ingiere con la dieta es metabolizada por la

microflora ruminal y transformada en el derivado AFM<sub>1</sub>, identificándose concentraciones sanguíneas apreciables de ésta última a los 30 minutos después de su ingestión. En hembras en lactación la leche constituye una importante vía de eliminación de AFM<sub>1</sub>; al respecto, existen reportes que de 1 a 6% de la AFs ingerida se elimina en leche en forma de AFM<sub>1</sub> (Cathey, et al., 1994).

**Reacciones de la fase II.** El epóxido reactivo es destoxificado mediante varias rutas, la principal es la vía de las GST las cuales catalizan la conjugación con el GSH formando compuestos conjugados 8-(s-glutatiónil)-9-hidroxi-8-9 dihidro-AFs (Johnson *et al.*, 1977; Guengerich *et al.*, 1998). El epóxido puede ser rápidamente hidrolizado, vía no enzimática, a AFs-8, 9,-dihidrodiol (Johnson, Harris, y Guengerich, 1996; Johnson, *et al.*, 1997b), otras vías enzimáticas, como la sulfatación y glucoronoconjugación, sólo tienen un soporte fuerte en ratas y humanos (Coulumbe, 1993; Knight *et al.*, 1999).

El 8,9-epóxido de AFs inactivado mediante la conjugación con el GSH, forma un compuesto que es eliminado como ácido mercaptúrico- AFs por la vía biliar pudiéndose establecer una recirculación enterohepática sobre todo a dosis elevadas de intoxicación (Hayes, Judah, McLellan y Neal, 1991; Hayes et al., 1996).

### 1.4.6 Eliminación

Como se mencionó anteriormente, el hígado es el principal órgano que participa en el metabolismo de los xenobióticos confiriéndoles características de hidrosolubilidad y facilitando su excreción, que generalmente se realiza en los hepatocitos que representan el 65% de la población celular total del hígado. Los hepatocitos contienen enzimas capaces de realizar dicho metabolismo el cual se lleva a cabo en las dos fases (Oxidación y Conjugación) que generan metabolitos polares permitiendo de esta manera su fácil excreción urinaria o biliar (Alpini *et al.*, 1994).

Varios estudios dan evidencia de una rápida aparición de AFs y sus metabolitos en la bilis encontrándose aproximadamente un 41% en 4 h (Holeski *et al.*, 1987). La excreción de AFs y sus metabolitos ocurre primariamente a través de la bilis, seguida por la orina. Wong y Hsieh (1980), reportan que la

excreción total de AFs de una dosis del 10% de la  $DL_{50}$  con  $^{14}C$ -AFs i.v. a ratones machos, ratas y monos, después de 100 h fueron encontrados el 80%, 72% y 73% de la dosis respectivamente en la bilis. En un trabajo realizado en cerdos, con AFs marcada con  $^{14}C$ , se determinó que hubo una rápida absorción por vía oral, alcanzando niveles altos en plasma tres horas después de la ingestión. A los nueve días después de una dosis única de AFs, aproximadamente el 58% de la radioactividad se encontró en las heces, la mayor parte eliminada en los primeros tres días, lo que indica que hubo un metabolismo casi completo con excreción predominante en las heces, como resultante de la secreción biliar y aproximadamente el 12% de la dosis fue eliminada en la orina, en su mayoría durante las primeras 24 horas (Luthy *et al.*, 1980). Por otro lado aproximadamente del 10 al 20% de la dosis de AFs es excretada en orina 20 a 24 h después de su administración i.p. en ratas (Raj y Lotlikar, 1984; Groopman *et al.*, 1988). En humanos expuestos a AFs los principales metabolitos encontrados en orina fueron  $AFM_1$ ,  $AFB_1-N^7$ -guanina y  $AFP_1$  (Groopman *et al.* 1985).

### 1.5 Grado de toxicidad de las aflatoxinas

La capacidad tóxica de las diferentes AFs varía dependiendo de la dosis, duración de la exposición y la susceptibilidad de la especie (Osuna, 1989; Batra *et al.*, 1991). La AFs, es la más comúnmente encontrada contaminando las materias primas destinadas a la elaboración de alimentos, siendo a la vez la más tóxica y la que produce daños en diferentes órganos, principalmente en hígado. La AFs es además una sustancia carcinogénica, teratogénica y mutagénica (Batra *et al.*, 1991; Ewaskiewicz *et al.*, 1991; Ch'ih *et al.*, 1991; Tsuji *et al.*, 1992; Chen *et al.*, 1995). Las dosis letales son variables, dependiendo de la AF, de la especie afectada, raza, sexo y edad. En el caso de la AFs,  $DL_{50}$ , (*dosis que causaría la muerte del 50% de una población estadísticamente significativa. Es usualmente obtenida por extrapolación de la dosis respuesta experimental*) puede ser desde menos de 0.5 hasta 20  $\mu g/kg$  de peso corporal (Goldblatt, 1974; Hamilton, 1982 y 1984).

**Tabla No. 5** DL<sub>50</sub> mg / kg de peso corporal en diferentes especies

Especie	DL <sub>50</sub> mg / kg <sup>(-1)</sup> de peso corporal
Conejo	0.30
Pato (11 días de nacido)	0.43
Gato	0.55
Cerdo	0.60
Trucha arcoiris	0.80
Perro	0.50 – 1.00
Borrego	1.00 – 2.00
Pollo	6.3
Rata (macho)	5.5 – 7.2
Rata (hembra)	17.9
Ratón	9.0
Hamster	10.2

Tomado de la red mundial: [www.fao.org/inpho/vlibrary/x0036e/X0036E1e.htm](http://www.fao.org/inpho/vlibrary/x0036e/X0036E1e.htm).

### 1.5.1 Efectos tóxicos de las aflatoxinas

Los efectos biológicos y las manifestaciones clínicas de los animales expuestos a las micotoxinas varían considerablemente. Las AFs están consideradas como hepatotóxicas, nefrotóxicas (Stubblefield y Shotwell, 1981; Harvey *et al.*, 1988; Hirano *et al.*, 1994; Mollenhauer, *et al.*, 1989; Glahn *et al.*, 1990 y 1991). También se asocian a la disminución de la resistencia de los animales a las enfermedades infecciosas (Qureshi *et al.*, 1998), afectan el sistema endocrino, producen cambios hematopoyéticos, alteraciones en la coagulación (Fernández *et al.*, 1995), alteraciones en el sistema nervioso, disminuyen la conversión alimenticia (Quezada *et al.*, 2000; Kubena *et al.*, 1997 y 1998). Además, están ampliamente demostrados los efectos: carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos y embriotóxicos (Hirano *et al.*, 1994).

La exposición crónica a las aflatoxinas es mucho más común que la aguda; sin embargo, también es más difícil de identificar. Las manifestaciones tóxicas a causa de una toxicosis crónica o aguda así como la carcinogenicidad dependen de la dosis y de la duración a la exposición al metabolito (Zaghini *et al.*, 1997). Algunas evidencias señalan que en los pollos, durante la intoxicación con aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB), se producen alteraciones funcionales como la disminución del flujo urinario, de la tasa de filtración glomerular. En la

aflatoxicosis también se produce un daño en la estructura renal; entre los cambios estructurales reportados, se encuentran: incremento en el peso del riñón (Quezada *et al.*, 2000); congestión de los sinusoides tubulares y degeneración del epitelio tubular, engrosamiento de la membrana basal del glomérulo cambios degenerativos en las células del túbulo contorneado proximal (Valdivia *et al.*, 2001).

En las gallinas de postura se ha demostrado que las aflatoxinas inducen una disminución de la cantidad y la calidad en el huevo producido, y aunque el organismo del animal logra inactivar una buena parte de la aflatoxina incluida en los granos (5000: 1, alimento: huevo), cuando las dosis de aflatoxinas son altas, los niveles de contaminación en el huevo rebasan los límites de detección y los límites máximos de tolerancia (Oliveira *et al.*, 2000; Rizzi *et al.*, 2003; Zaghini *et al.*, 2005). Kim *et al.*, (2003), encontraron que cuando las gallinas de postura consumían aflatoxinas (500 ppb) se reducía su peso corporal y la producción de huevo, se incrementaba el peso relativo de diversos órganos y la actividad enzimática de gama glutamil transpeptidasa y alanina amino transferasa además de que se presentaban lesiones hepáticas.

Qureshi *et al.*, (1998) condujeron un estudio para determinar el efecto de la aflatoxina sobre la progenie de las reproductoras de pollos parrilleros. Ellos encontraron que alimentando las gallinas reproductoras con concentraciones crecientes de aflatoxinas aumentaba la concentración de aflatoxinas y metabolitos de aflatoxinas en el suero de las gallinas y en los huevos. Hubo una drástica disminución en la fertilidad y la incubabilidad dentro de los primeros cuatro días de la alimentación con dietas contaminadas. También, el sistema inmunológico perdió una sustancial porción de su capacidad protectora. (Datos de la FAO 1993) indican que el efecto más importante de las micotoxinas, particularmente en los países en desarrollo, es la capacidad de algunas micotoxinas de obstaculizar la respuesta inmunitaria y, por consiguiente, de reducir la resistencia a enfermedades infecciosas.

### **1.5.2 Exposición crónica a las aflatoxinas**

Evidencias acumuladas indican que la exposición crónica a AFs produce más cáncer que la exposición aguda y ciertamente representa un problema serio

para la salud pública. La disminución del peso y la falta de desarrollo es uno de los primeros y más consistentes signos de intoxicación en los pollos (Merkle *et al.*, 1987; Huff *et al.*, 1988; Jindal *et al.*, 1994; Kubena *et al.*, 1997; Kubena *et al.*, 1998). También ha sido reportado que las gallinas que han sido alimentadas con alimento contaminado con aflatoxinas presentan un retraso en el crecimiento y una disminución en la producción de huevos (Hegazy *et al.*, 1991; Prathapkumar *et al.*, 1997).

### 1.5.3 Patología macroscópica y microscópica

Espada *et al.* (1992) en un estudio experimental describió lesiones en los pollos de un día de edad tratados durante 21 días con 0.2 ó 3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de AFs, después de lo cual se les proporcionó una dieta no contaminada durante un periodo adicional de 10 días para que se recuperaran. Las primeras lesiones que se evidenciaron fueron la vacuolización de los hepatocitos y una depleción linfocítica en la bolsa de Fabricio. Tales cambios se mantuvieron durante el periodo de recuperación siguiendo un patrón de dosis-respuesta. Con dosis de 3.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , se encontraron una disminución del peso corporal y del peso absoluto del hígado; al igual que en el bazo y tiroides.

En otro estudio, se encontraron hemorragias de tipo equimótico y petequial en la superficie media de los muslos de pollos expuestos a la dosis de 0.5 mg/kg de AFs en la dieta durante 1, 2 ó 3 semanas. En los pollos que recibieron la toxina durante 2 ó 3 semanas se presentó congestión del bazo y hematomas hepáticos, mientras que los que recibieron 0.5 mg/kg durante 4 semanas presentaron una palidez amarillenta en el hígado, edema de la pared de la vejiga y áreas multifocales de congestión en los riñones y edema renal. El estudio histológico del hígado mostró congestión de las sinusoides hepáticas, hemorragias focales, vacuolización, grasa centrolobulillar, necrosis, hiperplasia biliar e infiltración linfática nodular.

En los riñones, las células epiteliales de muchos tubos contorneados estaban vacuolizados (Da Falla *et al.*, 1987). En otro estudio, el examen microscópico de pollitos de un día de nacidos alimentados con una dieta contaminada naturalmente con 2.65 mg/kg de AFs, mostró necrosis masiva de

los hepatocitos y hemorragias renales. El epitelio tubular renal presentaba un engrosamiento, degeneración hidrópica y necrosis (Asuzu y Shetty, 1986).

#### 1.5.4 Cambios bioquímicos y patología clínica

Uno de los efectos más notables del consumo continuo de dosis bajas de aflatoxina es una alteración del perfil sérico de proteínas. El contenido de proteínas totales se disminuye debido a los valores a reducción de albúmina y de globulinas tipo  $\alpha$  y  $\beta$ , en tanto que la globulina  $\gamma$  se afecta en forma muy variada (Pier, 1973). Tung *et al.* (1975a, 1975b) investigaron los efectos de niveles graduales de la aflatoxina en la dieta por arriba de 10 mg/kg, sobre la concentración de diferentes clases de proteínas séricas en pollos expuestos durante tres semanas. Las proteínas séricas totales se redujeron significativamente con una dosis de 1.25 mg/kg. Las globulinas  $\alpha$  y  $\beta$  se redujeron con niveles de 2.5 y 1.25 mg/kg, respectivamente.

Las inmunoglobulinas IgG disminuyeron con 2.5 mg/kg mientras que los valores de las IgM no se afectaron con ningún nivel de la toxina. El componente más sensible es la albúmina sérica que fue disminuyendo en un patrón dosis-respuesta aún en el nivel más bajo de la dosis en el alimento (Tung *et al.*, 1975a). Jassar y Singh (1993) midieron semanalmente los niveles séricos de las proteínas totales de pollos de engorda que recibieron 3.0 ó 6.0 mg/kg de AFs en la dieta durante 42 días. El contenido de proteínas totales disminuyó significativamente en los pollos alimentados con 6 mg/kg de AFs en todos los muestreos en tanto que con 3.0 mg/kg, se observó una disminución gradual en las proteínas séricas totales a partir del día 21, continuando con un ligero incremento.

La actividad de las enzimas plasmáticas o séricas se ha usado ampliamente como un indicativo de la toxicidad por aflatoxinas en pollos, en un estudio con pollos que recibieron 0.5 mg/kg de AFs en la dieta durante 4 semanas, tuvieron una mayor actividad de la succinato deshidrogenasa (SDH) y GDH (DaFalla *et al.*, 1987). El incremento de actividad de LDH, ALP, fosfatasa ácida, AST y ALT se presentó en pollos que recibieron 3 ó 6 mg/kg de AFs en la dieta durante 42 días. El incremento en los niveles de enzimas séricas se interpretó como una consecuencia de la degeneración hepática con

la subsecuente pérdida de enzimas. Los niveles de actividad más alta se presentaron a los 21 días de exposición, después de los cuales declinaron indicando una recuperación de los cambios degenerativos (DaFalla *et al.*, 1987).

Contrastando con esos resultados, los pollos que recibieron 2.5 ó 5.0 mg/kg de AFs durante 32 días no mostraron alteraciones en las actividades de AST, ALT, LDH o GGT (Fernández *et al.*, 1994). En otro experimento, a las 96 horas después de la administración de una dosis única de AFs oral con 4.0 mg/kg a pollos de engorda, los niveles séricos de AST fueron 2.5 veces mayores que los del grupo control (Rao y Joshi, 1993). También se ha reportado un incremento en la actividad de la ornitina descarboxilasa hepática en pollos que consumieron 2.5 mg/kg de aflatoxina (Voight *et al.*, 1987).

Varios parámetros hemáticos son los que se afectan por la exposición a la aflatoxina. En experimentos realizados por Tung *et al.* (1975a, 1975b), los pollos que recibieron niveles graduales de AFs (0.625-10 mg/kg) mostraron una disminución significativa en el contenido de la hemoglobina, del hematocrito y de los eritrocitos. Esos parámetros disminuyeron significativamente en la misma proporción con dosis de 2.5 o mayores de AFs. Sin embargo la hemoglobina era menor a dosis de 1.25 mg/kg o mayores, el hematocrito se redujo con 2.5 mg/kg o más y los eritrocitos disminuyeron con dosis de 0.625 mg/kg (Tung *et al.*, 1975b).

Lanza *et al.* (1980) alimentaron pollos de engorda de 25 días de edad, con una dieta con niveles de AFs por arriba de 50 mg/kg. A los 21 días se redujeron significativamente la hemoglobina, el hematocrito, los eritrocitos y el volumen corpuscular medio con un patón de comportamiento dosis respuesta, a pesar de que el contenido de hemoglobina corpuscular medio no se alteró. En otro estudio se alimentaron pollos con una dieta que contenía aflatoxina a niveles de 0.75 o 1.0 mg/kg y se obtuvieron valores significativamente bajos de hemoglobina y hematocrito, comparados con el grupo de control (Reddy *et al.*, 1984). Se ha observado que las aflatoxinas alteran las vías de coagulación de los pollos ya que a pollos alimentados con aflatoxina a 2.5 mg/kg o más, redujeron las actividades de los factores de coagulación VII y V, así como también el fibrinógeno. El factor X se alteró con niveles de 5.0 y 10.0 mg/kg y la

actividad de la protombina, el factor más sensible, se redujo en dosis de 0.625 mg/kg o mayores (Doerr *et al.*, 1983).

Las coagulopatías, como la alteración del tiempo de protrombina, se observó en pollos que recibieron 2.5 mg/kg de aflatoxina en la dieta durante tres semanas (Huff *et al.*, 1986) y 5.0 mg/kg durante seis semanas (Chang y Hamilton, 1979a). El tiempo de protrombina elevado se consideró como el resultado de la imposibilidad de la síntesis hepática de los factores de coagulación causada por la toxicidad de la aflatoxina en las células hepáticas.

En otros estudios a pollos que se les inyectó por vía intraperitoneal 58 µg/kg de AFs, tuvieron un aumento significativo en el tiempo de coagulación con respecto a los controles, al medirlo seis horas después de la administración de la toxina (Bababunmi y Bassir, 1982).

La actividad de algunas enzimas digestivas, la absorción de compuestos de tipo carotenoide y el metabolismo de lípidos se puede alterar por la exposición a la aflatoxina. Las concentraciones de 0.625 mg/kg o mayores producen el Síndrome de Mala Absorción, caracterizado por esteatorrea, hipocarotenidemia y disminución en la concentración de sales biliares, lipasa pancreática y tripsina (Osborne *et al.*, 1982). En otro experimento, las actividades específicas de la quimotripsina pancreática, de la amilasa y la lipasa, se incrementaron debido a la aflatoxina (Richardson y Hamilton, 1987). Los niveles de carotenoides plasmáticos disminuyeron significativamente en pollos alimentados con dietas contaminadas con aflatoxina a diferentes concentraciones: 1.25 (Tung y Hamilton, 1973), 2.5 (Osborne *et al.*, 1982) ó 2.7 mg/kg (Doerr *et al.*, 1983).

En la administración de 5 mg/kg de aflatoxina en la dieta a pollos de 3 semanas de edad, se disminuyó la absorción de la canthaxantina de la dieta hacia el torrente sanguíneo desde las 4 a las 24 horas posteriores al inicio del consumo de la dieta (Tyczkowski *et al.*, 1991). Merkley *et al.* (1997) midieron el contenido hepático de ácidos grasos de pollos expuestos a dosis graduales de aflatoxina (0, 0.625, 1.25, 5.0 y 10 mg/kg). Los lípidos totales se incrementaron significativamente al aumentar los niveles de aflatoxina y esto fue debido casi íntegramente a un incremento en la fracciones de neutras de los lípidos. Tanto en las fracciones neutras como en las polares de los lípidos se asoció un incremento lineal de los ácidos grasos monoenoicos [palmitato (16:0, estearato

(18:0), araquidónico (20:0)] con el aumento de los niveles de aflatoxina (Merkley *et al.*, 1987).

Los efectos de la aflatoxina sobre la función renal de los pollos se reportó por Glahn (1994). Las aves tratadas con aflatoxina mostraron una disminución de la excreción fraccional de fosfatos, concentración plasmática de calcio, proteínas plasmáticas totales, concentración plasmática de 25-hidroxi vitamina D y de 1,25-dihidroxi vitamina D. También se apreció un incremento notorio en la expresión urinaria de iones hidrógeno en los animales tratados con aflatoxina, posterior al inicio de una perfusión intravenosa con una solución de buffer de fosfatos 100mM, lo que sugiere un incremento en la expresión de la bomba de  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ . Tales efectos no se observaron o estuvieron poco presentes 10 días después del retiro de la toxina a pesar de que la tasa de filtración glomerular disminuyó, lo que indica una posible reducción de la masa renal funcional y la alteración renal prolongada o permanente

### 1.5.5 Efectos sobre la reproducción

En gallinas reproductoras, los niveles de aflatoxina en la dieta de 5 y 10 mg/kg causaron la disminución de la incubabilidad sin afectar la fertilidad (Howarth y Wyatt, 1976). Los niveles de 0.6 y 1.8 mg/kg de AFs causaron disminución de la tasa de nacimientos, debido a la mortalidad de embriones de 0 a 6 días (Cottier *et al.*, 1969). Hafez *et al.*, (1982) alimentaron gallinas ponedoras y gallos sementales maduros con dietas conteniendo 8.1 mg/kg de AFs ó 1.6 mg/kg de AFG<sub>1</sub> durante tres semanas. Las gallinas dejan de producir huevo durante el experimento y al realizar un examen histológico de los ovarios se encontraron atresias foliculares. En los sementales no se encontraron lesiones testiculares.

La aflatoxina no parece afectar las características del semen de los pollos sementales. Los machos de la raza *White Lerghorn* parecen ser los más sensibles a la aflatoxina. Dentro de un estudio, se administraron 20 mg/kg de aflatoxina durante 4 semanas a pollos de engorda sementales maduros y no se alteraron el número de espermatozoides, el volumen seminal, el ADN seminal y el contenido de ARN o de proteínas (Briggs *et al.*, 1974).

En contraste con otro estudio donde se utilizó el mismo nivel de concentración de aflatoxina y se les administró a machos de la raza *White Leghorn* durante 5 semanas, produciéndose un decremento en el volumen seminal y el peso de los testículos, así como una alteración del epitelio germinal. La disminución significativa del consumo de alimento y del peso corporal antecedió a la del volumen seminal. Sin embargo no se encontró efecto en el porcentaje de fertilidad de los huevos o de los nacimientos, aún en huevos que se inseminaron artificialmente con espermatozoides de machos tratados (Sharlin *et al.*, 1980, 1981).

El peso corporal y el consumo de alimento se redujeron progresivamente y la calidad del semen se afectó desde la tercer semana en adelante en los machos que recibieron 20 mg/kg de AFs. Sólo en 50% de ellos continuaron produciendo semen, en contraste con el 90% de los que recibieron 10 mg/kg. Histológicamente los testículos de los que recibieron 20 mg/kg de AFs tuvieron una marcada alteración del epitelio germinal y no hubo espermatogénesis (Jagadeesh *et al.*, 1986). La evidencia histológica de los efectos de la aflatoxina en el epitelio germinal de los testículos se reportó en pollos inmaduros tratados con 200 µg de aflatoxina/día/pollo durante 35 días (Mohiuddin, 1982).

Clarke y Ottinger (1987) reportaron que la capacidad secretoria de la hormona de la hipófisis anterior no se afectó por la aflatoxina en pollos machos maduros, sin embargo, la respuesta testicular al factor de liberación de hormona luteinizante exógeno, se alteró durante la aflatoxicosis.

### 1.6 Inmunotoxicidad

La aflatoxina B1 tiene los efectos biológicos más potentes dentro de las micotoxinas. Clínicamente se observa el impacto sobre el hígado, el síndrome del hígado graso o pálido. Su principal mecanismo de acción a nivel celular es la capacidad de unirse al ADN y al ARN celular afectando directa o indirectamente la proliferación y diferenciación continua de las células del sistema linfóide, y la síntesis proteica de las células, afectando por ejemplo la producción de polipéptidos como monocinas, interleucinas y factores del complemento que regulan la red de comunicación del sistema inmune y también la síntesis de anticuerpos. Ciertas clases de inmunoglobulinas (IgG y

AgA) parecen ser más afectadas que otras. Los factores séricos y celulares necesarios para una fagocitosis óptima son afectados deteriorando la locomoción espontánea y quimiotáctica de los heterófilos aviares y disminución del conteo de linfocitos T periféricos (Chang 1979b) al igual que la función fagocítica y presentación antigénica por macrófagos (Neldon-Ortiz y Quereshi, 1992) y específicamente de los fagocitos en el sistema reticuloendotelial (Michael *et al.*, 1973). En algunos casos se producen efectos histopatológicos significativos y atrofia de los principales órganos del sistema inmune (Thaxton *et al.*, 1974). Las aflatoxinas pueden llegar hasta el embrión comprometiendo el sistema inmune de la progenie, haciéndolos más susceptibles a varios patógenos y una respuesta deficiente a los programas de vacunación, es decir menores títulos de anticuerpos postvacunales, (Oswald y Comera 1998).

### **1.6.1 Efectos sobre la producción de anticuerpos**

Los análisis de inmunoglobulinas revelaron un impacto de aflatoxina sobre el nivel de IgG e IgA, aunque los niveles de IgM generalmente no se afectan (Giambrone *et al.*, 1978). En animales que consumieron alimento contaminado con aflatoxinas se disminuyó la formación de anticuerpos contra la inyección de células rojas sanguíneas de oveja (SRBC por sus siglas en inglés, Thaxton *et al.*, 1974), Azzam y Gabal (1998) reportaron una reducción en los títulos de anticuerpos frente a la enfermedad de Newcastle, bronquitis infecciosa y enfermedad de la bolsa de Fabricio en gallinas ponedoras alimentadas con 200 ppb de aflatoxina.

### **1.6.2 Efectos sobre sustancias humorales no específicas**

Dentro de las acciones importantes de la aflatoxina B1 se encuentra la supresión del cuarto componente del complemento (C4), el cual es necesario para la activación de la vía clásica del sistema del complemento, complejo de ataque a la membrana por actividad hemolítica, lisis bacteriana, etc. Esta disminución parece ser el resultado del efecto de las aflatoxinas sobre las funciones del hígado, así como también sobre la función del macrófago, ambos involucrados en la formación de C4 (Stewart *et al.*, 1985).

### **1.6.3 Efectos sobre la respuesta inmune mediada por células**

La aflatoxina B1 ejerce parte de sus actividades inmunosupresoras a través de la supresión cuantitativa de la producción de linfocinas por parte de las células T (Dugyala y Sharma, 1996). Las aflatoxinas también pueden causar linfocitopenia disminuyendo la concentración de linfocitos T (Ghosh *et al.*, 1991).

### **1.6.4 Alteración de la resistencia a procesos infecciosos específicos**

Los efectos del consumo de aflatoxinas sobre la resistencia a infecciones son altamente variables dependiendo de los procesos infecciosos específicos involucrados, la susceptibilidad del hospedante a las aflatoxinas y la interacción del mismo. La resistencia a pasteurelosis en avicultura es definitivamente afectada por las aflatoxinas, aumentan la susceptibilidad o la gravedad de la coccidiosis cecal y de la enfermedad de Marek, de salmonelosis y al virus de la bursitis infecciosa (Somvanshi 1991).

### **1.6.5 Mecanismos implicados en la inmunotoxicidad**

Existe evidencia una controversia con respecto al papel que juegan las micotoxinas en relación a la disminución de la respuesta inmune en las aves. Santin *et al.*, (2003) concluyeron que la respuesta inmune de pollos vacunados contra Newcastle y que fueron alimentados con una dieta que contenía aflatoxinas se vio disminuida, del mismo modo la presencia de la toxina en la dieta afecto de manera negativa a algunos de los órganos como la bolsa de Fabricio, el hígado, y los riñones. Y al realizar una prueba de inhibición de la hemaglutinación si bien todos los grupos presentaron anticuerpos, los grupos que presentaron mayor título de anticuerpos fueron los que no se alimentaron con aflatoxinas Santin *et al.*, (2003); Gabal y Azzam (1998). Por el contrario estudios realizados por Sklan *et al.*, 2001; y por Maxwell *et al.*, (2005) refieren que en pollos en cuya dieta se administraron aflatoxinas en combinación con otras micotoxinas y que además fueron vacunados contra los virus de

newcastlte y bronquitis infecciosa no se observó ningún efecto sobre la producción de anticuerpos

### **1.7 Estrategias de prevención, descontaminación inactivación y detoxificación.**

El maíz es el principal componente de las dietas balanceadas para los animales, así como el alimento básico de la dieta en México, Centro América y parte de Sudamérica. Sin embargo, debido a las condiciones de precosecha, cosecha, almacenamiento, manejo y distribución, el maíz, así como otras materias primas, llegan a contaminarse con hongos microscópicos que generan toxinas. Entre ellos, los del género *Aspergillus*, especialmente *A. flavus* y *A. parasiticus*, que producen los metabolitos conocidos como Aflatoxinas, algunas de las cuales se han identificado como agentes cancerígenos (Marth y Doyle, 1979; Moreno, 1989; Abarca et, al., 1994; Skrinjar et, al., 1995).

La destoxificación, remediación o inactivación de las aflatoxinas presentes en los alimentos se ha intentado por medio de diversas estrategias para reducir las aflatoxinas incluyendo el proceso especial de alimentos, biocontrol e inactivación microbiológica, degradación estructural después del tratamiento químico, modificación dietaria de la toxicidad y reducción de la biodisponibilidad de la aflatoxina por quimioadsorción selectiva, así como la utilización de sustancias químicas que protegen del efecto tóxico y carcinogénico, denominada acción de quimioprotección (Ziegler, 1991).

Los métodos utilizados para este propósito se pueden agrupar en físicos, químicos y biológicos.

Algunos métodos físicos utilizados son la inactivación de las micotoxinas con elevadas temperaturas, los rayos UV y X o las irradiaciones con microondas. Otros métodos que pueden resultar efectivos son la limpieza de las semillas, su fraccionamiento mediante cribados y la extrusión.

Entre los métodos químicos, se ha utilizado la amonización y otros agentes oxidantes como peróxido de hidrógeno y ozono y algunos ácidos y álcalis.

La descontaminación biológica mediante la utilización de microorganismos es otra de las estrategias utilizadas. Algunas bacterias

lácticas o levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) que se utilizan ampliamente en la fermentación de los alimentos poseen estructuras en la pared celular con capacidad para adherir micotoxinas.

Actualmente, para reducir la micotoxicosis en los animales, han implementado el uso de materiales adsorbentes de micotoxinas como aditivos en los piensos, para evitar que éstas se absorban en el intestino y al ser queladas por los adsorbentes, puedan ser excretadas sin que causen daño alguno al animal.

Los materiales adsorbentes más utilizados son los aluminosilicatos (zeolitas naturales, clinoptilolita, aluminosilicatos de sodio y calcio hidratados (HSCAS), bentonitas naturales, montmorillonita), el carbón activo, tierra de diatomeas y diferentes polímeros especiales con propiedades secuestrantes.

### 1.7.1 Quimioprotección

La quimioprotección puede definirse como la prevención, inhibición o regresión de procesos tóxicos de un o más compuestos químicos ya sea como fármacos o contenidos naturalmente en la dieta (Ziegler, 1991).

El descubrimiento original de este fenómeno puede ser rastreado desde los últimos 70 años, acreditándose al uso de gas derivado de la mostaza, que se usó en la profilaxis de neoplasias epidérmicas producidas por la aplicación de un carcinogénico en el ratón. Posteriormente se describieron otros compuestos, incluyendo anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e hidrocarburos aromáticos, los cuales inhibieron la carcinogénesis en la piel de ratones. Después de esto, transcurrió un periodo de tiempo grande antes de que se reconociera que sustancias químicas que previene el desarrollo de tumores pudieran usarse de manera sistémica y por lo tanto que sus propiedades y efectos fueran aplicables a otros tejidos distintos a la piel. Sin embargo la mayoría de los agentes descritos en esos estudios iniciales de quimioprotección en contra de neoplasias hepáticas, mamarias, y del intestino delgado, de la rata resultaron por sí mismo nocivos para los animales, lo que generó la duda sobre la utilidad de esta forma de medicina preventiva (Hayes *et al.* 2000).

El reporte inicial de que antioxidantes fenólicos mostraban propiedades quimioprotectoras se realizó por Frankfurt y sus colaboradores en 1967, encontraron que las ratas alimentadas con hidroxitolueno butilado (BHT), previno la iniciación de hepatomas inducidos por 4- dimetilaminoazobenceno. El interés por los antioxidantes sintéticos se incrementó por el descubrimiento de Wattenberg en 1972, quien describió que además del BHT, compuestos como el hidroxianisole butilado (BHA) y EQ, figura No. 6, también tenían actividad anticarcinogénica en ratas y ratones, a los cuales se les administraba benzo[a]pireno o dimetilbenz[a]anthraceno. En ese estudio los tres antioxidantes disminuyeron tanto el número de animales con tumores en el estómago, como el número de tumores por animal.

Muchos estudios de los estudios iniciales se centraron en la protección que confieren los antioxidantes sintéticos en contra de la carcinogénesis producida por contaminantes medioambientales o de los productos de la combustión, sin embargo sustancias como el EQ, BHT y BHA protegen en contra de la hepatocarcinogénesis inducida por la AFs. La variedad de sustancias químicas naturales o sintéticas que se han utilizado como quimioprotectores, sobre todo en contra del cáncer, incluyen cumarinas, diterpenos, idoles, tiocianatos, lactonas y fenoles entre otros (Hayes et al., (1999). Por primera vez hace 20 años, se descubrió que los agentes quimioprotectores incrementan el nivel de enzimas hepáticas involucradas en el metabolismo de fármacos. El CYP<sub>450</sub>, NAD(P)H: quinona oxidoreductasa (NADPH), la aldehído deshidrogenasa, la aldo cetoreductasa, la GST y las epóxido hidrolasas microsomales, representan algunas de las enzimas que se sabe que son inducibles por agentes quimioprotectores. Esto se ha interpretado en el sentido de que un aumento en la capacidad de detoxificación celular representa un mecanismo mediante el cual los compuestos anticancerosos tienen algunos de sus efectos benéficos (Hayes *et al.*, 2000; Primiano, Sutter y Kensler, 1997; Primiano *et al.*, 1998).

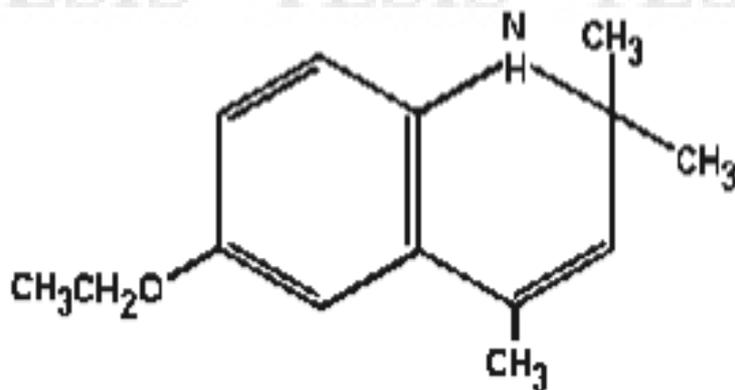
Además de influir sobre el metabolismo de xenobióticos, se ha reconocido que los quimioprotectores también inducen proteínas antioxidantes que participan en la respuesta antiinflamatoria. Tales proteínas incluyen la subunidad catalítica pesada y la subunidad ligera de la gama glutamil cisteína sintetasa, la de la glutatión sintetasa, la gama glutamil transpeptidasa, la heme

oxigenasa y también las subunidades pesada y ligera de la ferritina, la de peroxiredoxina MSP23 y de la deshidrogenasa B4 12 de los leucotrienos (Ishii *et al.*, 2000; Hayes *et al.*, 2000; Primiano, Sutter y Kensler, 1997; Kelly *et al.*, 2000; Primiano *et al.*, 1998).

El hecho de que ciertos quimioprotectores incrementen la actividad de GST y de NADPH, pero no de CYP<sub>450</sub> y que otros induzcan las tres actividades, condujo a que se propusiera para los primeros el concepto de inductores monofuncionales y a los restantes como inductores bifuncionales. Los monofuncionales activan la expresión de aquellos genes a través de un elemento responsivo antioxidante (ERA), mientras que los inductores bifuncionales actúan a través de ERA y también de un elemento responsivo xenobiótico (ERX). El hecho es que ambos inductores estimulen el ERA, sugiere que su juega un papel importante en las acciones anticancerosas de esos agentes. (Hayes y McMahon, 2001; Prochaska y Talalay, 1988; Hayes *et al.*, 1999).

### **1.7.2 La etoxiquina (eq) como quimioprotector**

La EQ es un compuesto antioxidante usado para proteger una gran variedad de sistemas de hidrocarburos no saturados (OFR, 1990; Zapponi *et al.*, 1998). Tiene efectos antidegradantes y antiozonizantes por lo que su uso como antioxidante en muchos productos animales y vegetales es muy popular (Hernández, *et al.*, 1993; Reyes, *et al.*, 1996) para conservar aceites, grasas y harinas de carne.



**Figura No. 2** Estructura química de la etoxiquina.

El propósito inicial del su uso de EQ, es proteger sustancias lipídicas y preservar carotenos y vitaminas A y E (Wattenberg, 1978), también previene de la combustión espontánea de productos almacenados inhibiendo el calor producido por la oxidación de lípidos (Wattenberg, 1972), se utiliza también para conservar el color en productos como el chile en polvo y también para disminuir las machas pardas post cosecha que se presenta en frutas como la manzana y las peras ( Wattenberg, 1972, ; Ulland, 1973). En la avicultura se utiliza también para inhibir la oxidación de lípidos y compuestos liposolubles en el alimento y del mismo modo para mejorar la estabilidad de la grasa y proteínas en el pollo de engorda (Bartov y Bornstein, 1972; Cabel y Waldroup, 1989; Middleton, Ferket y Boyd, 2001).

La prevención de la oxidación de los compuestos de la dieta de los pollos de engorda es importante para un crecimiento y desarrollo óptimos, ya que un incremento del consumo de peróxidos puede causar una disminución de crecimiento y un efecto negativo en la eficiencia alimenticia (Wang *et al.*, 1997).

Efectos fisiológicos del consumo de ácidos grasos oxidados producen encefalomalacia, diátesis exudativa, peroxidación y rigidez de membranas celulares entre otras alteraciones ya reportadas (Asghar *et al.*, 1989).

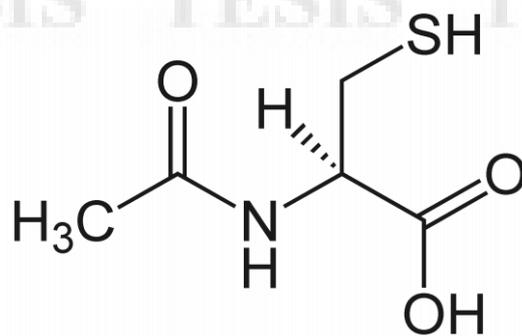
### 1.7.3 *Saccharomyces cerevisiae* (SC).

*Saccharomyces cerevisiae*, fue usada hace varias décadas en la alimentación animal, Las levaduras, vivas o no, poseen en su composición una fracción de carbohidratos (20% a 40%), que en la gran mayoría hacen parte de la pared celular, que está constituida principalmente por  $\beta$ -glucanos y mananos (MOS), los cuales tienen impacto en el sistema inmunológico y en la capacidad de prevenir la colonización de bacterias patogénicas en el tracto gastrointestinal. Otros componentes son los nucleótidos, representados por los ácidos nucleicos. Los nucleótidos pueden tener efecto sobre el tracto gastrointestinal, aumentando el crecimiento e influenciando positivamente la flora intestinal. la pared de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, presente en las raciones, es particularmente eficaz para limitar la absorción de ciertas micotoxinas en el tubo digestivo de los animales. El cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* ha sido utilizado como aditivo alimenticio de pollos en crecimiento expuestos a una dosis experimental de AFs (5 ppm) logrando mantener la proporción y tamaño de los órganos internos, restaurar los niveles de albúmina y proteína séricas, de las enzimas alanina aminotransferasa, creatinina fosfoquinasa y aspartato aminotransferasa (Stanley *et al.*, 1993). Coincidentemente algunos autores (Devegowda *et al.*, 1994; Márquez *et al.*, 1998) han mostrado resultados similares en pollos de engorda, patos y en cultivos de la levadura. Una explicación del poder protector de esta levadura pudiera encontrarse en los hallazgos de Udeh y Achremowicz (1994), los cuales mostraron que la adición de ácido sulfúrico y L-cisteína en cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* fue capaz de inducir la producción de biomasa ( $12.5\text{g}/\text{dm}^3$  MS) con alto contenido de GSH intracelular (20 mg/g MS).

### 1.7.4 N-acetilcisteína.

La N-acetil-L-cisteína (NAC) es un compuesto preparado a través de la acetilación directa de L-cisteína (Budavari *et al.*, 1989). Se ha demostrado que la administración de NAC incrementa los niveles de GSH, particularmente el hepático (Ellenhorn y Barceloux, 1988). La N-acetil-L-cisteína (NAC) es un compuesto tripéptido preparado a través de la acetilación directa del

aminoácido L-cisteína (Budavari *et al.*, 1989). La NAC se encuentra accesible en presentaciones comerciales para el uso en pacientes humanos y no es controlado oficialmente; se indica por los fabricantes que tiene buena efectividad en diversos campos terapéuticos, entre los que destacan su uso como antídoto para combatir la hepatotoxicidad producida por el consumo de algunos fármacos, entre ellos el acetaminofén. El mecanismo de la acción tóxica del acetaminofén, al igual que el de las aflatoxinas, es a través de la generación de metabolitos reactivos los cuales son conjugados con GSH o con estructuras subcelulares y ácidos nucleicos (Liu y Klaassen, 1996). Precisamente por estos motivos se considera útil el empleo de un precursor de la síntesis de GSH, ya que en estudios farmacocinéticos en humanos, se ha observado que la disminución de la concentración de GSH es un patrón de comportamiento dosis-respuesta y conforme se incrementa la dosis de acetaminofén, disminuye la concentración de GSH (Slattery *et al.*, 1987). Una de las ventajas de este compuesto es el hecho de que actualmente se encuentra fácilmente disponible como una preparación farmacéutica para el consumo humano; la NAC es bien tolerada en dosis orales diarias tan altas como 500 mg/Kg. p.c., además de que se conoce bien su eficacia como antídoto contra varios agentes tóxicos y diversos desordenes fisiopatológicos relacionados directa o indirectamente con la homeostasis celular de GSH (Kobrinisky *et al.*, 1996). Cuando se administra NAC oralmente a humanos voluntarios, este compuesto es rápidamente absorbido y se somete a un extensivo metabolismo en la pared del intestino y en el hígado, alcanzando solamente a llegar intacta al torrente sanguíneo un 10 % de la dosis ingerida, el resto se convierte a cisteína y esta posteriormente se transforma en cistina y taurina (De Caro *et al.*, 1989). Algunos estudios relevantes han soportado la suposición de que el tratamiento con NAC parece exhibir un efecto protector contra el ataque mutagénico de AFB por medio del incremento de los niveles intracelulares de GSH, inhibiendo la activación metabólica de esta micotoxina, estimulando la actividad enzimática para su destoxificación o reaccionando por sí misma con AFB (De Flora *et al.*, 1985).



**Figura No.3** Estructura y formula química de la NAC extraido de la red mundial <http://images.google.com.mx>

### II. HIPOTESIS

La adición de etoxiquina, *Saccharomyces cerevisiae* y/o la N-acetilcisteína a las dietas de las gallinas de postura, tienen un efecto quimioprotector contra los efectos tóxicos que producen la intoxicación crónica con aflatoxinas.

### III. OBJETIVO

#### 4.1 objetivo general

- Evaluar el efecto de tres quimioprotectores sobre los parámetros productivos, calidad de huevo y respuesta inmune post-vacunal a Newcastle en gallinas de postura intoxicadas de manera crónica con aflatoxinas

#### 4.2 objetivos particulares

- Evaluar el efecto protector de la etoxiquina, *Saccharomyces cerevisiae* y/o la N-acetilcisteína conferido sobre calidad de huevo y los índices de productividad y en gallinas de postura sometidas a una intoxicación alimentaria crónica con aflotoxinas
- Evaluar el efecto de la adición de los tres agentes sobre la respuesta inmune post-vacunal al virus de la enfermedad de Newcastle (VENC) en las gallinas bajo tratamiento.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Posta Zootécnica del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, cuyas coordenadas son 21°57'40" al Norte y 102°20'36" al Oeste, con una elevación de 1880 msnm, temperatura media anual de 17° C y una precipitación anual de 531 mm, la cual es estacional presentándose en el verano y de clima predominante tipo estepario, los vientos dominantes son alisios en dirección suroeste-noroeste durante el verano y noroeste-sureste en parte del otoño.

##### 4.2 Material biológico

En una incubadora local fueron adquiridas 500 gallinas de postura Hy-Line W36 de un día de edad, que fueron seleccionadas de acuerdo a la semejanza de peso corporal (media  $\pm$  5.0 %) y ausencia de defectos morfológicos. Las aves fueron criadas por procedimientos zootécnicos estándar (Quintana, 1999); el agua y alimento fueron suministrados *ad libitum*. Para la etapa de crianza las aves fueron alojadas en jaulas en batería con calefacción manual y para la etapa de desarrollo y producción se utilizaron jaulas invertidas en pirámide de dos pisos. La temperatura y la humedad relativa fueron mantenidas dentro de los límites recomendados por la *Federación of Animal Science Societies* (Curtis, 1999).

##### 4.3 Recepción de las aves

Las aves fueron recibidas el primero de octubre; Al momento de la recepción se procedió a realizar un pesaje para determinar el peso promedio de las aves siendo este de 37 g.

Las aves se alojaron en la caseta experimental en jaulas tipo batería. Tanto la caseta como el equipo (baterías, bebederos, comederos) fueron desinfectados antes de recibir a las pollas.

### 4.3.1 Manejo de la parvada antes de la administración de los tratamientos

Se elaboro un programa de vacunación acorde a las necesidades de la región y se programaron las fechas de vacunación de las aves (Tabla 6). Así mismo se diseño un programa de luz decreciente durante la etapa de crianza y desarrollo iniciando con 23 horas luz al día de edad para terminar con 11 horas luz a las 20 semanas de edad y a partir de esta fecha se realizó un incremento de 60 minutos por semana hasta alcanzar un total de 16 horas luz entre las semanas 24 y 25, esto con el fin de lograr un adecuado desarrollo y madurez sexual de las aves y que la postura sea homogénea (Tabla 7).

**Tablas No. 6** Calendario de vacunación para gallinas de postura de la línea Hy-Line W36

EDAD	VACUNA	CEPA	DOSIS	METODO	LAB.
1 Día	Marek	HVT-SB1+RISPENS	20,000 UFP	Subcutánea	Merial
1 Día	Viruela	Homologa		Subcutánea	Merial
7 Días		DESPIQUE			
2 Sem	IBF	Luckert intermedia	100%	Agua de bebida	Shering Plough
2 Sem	NC	Lasota	0.5 mL./ave	Subcutánea	Boehringer
5 Sem	IBF	Luckert intermedia	100%	Agua de bebida	Shering Plough
5 Sem	NC + IA	Lasota	0.5 mL/Ave	Subcutánea	Ford-Dodge
14 Sem	Viruela	Homologa	2 Punzon	Punzon en Ala	Ford-Dodge
14 Sem	Encefalomiелitis	Calneck	100%	Agua de bebida	Intervet
16 Sem	NC + BI	Lasota –Mass	100%	Agua de bebida	Boehringer
18 Sem	Encefalomiелitis	Calneck	100%	Agua de bebida	Intervet
18 Sem	Triple Emulsionada	NC.+ BI. + EDS.	0.5 mL/Ave	Subcutánea	Avilab/Intervet
20 Sem	NC + BI	Lasota –Mass	100%	NC + BI	Boehringer
		Después de esta vacunación esperar a que pase el pico de postura y vacunar c/ 2 meses			
		NC + BI			
C/ 2 Mes	NC + BI	Lasota –Mass	100%	NC + BI	Boehringer

**Tabla No.7** Programa de luz decreciente de gallinas de postura de la línea Hy-Line W36

EDAD EN SEMANAS	PERIODO	MAÑANA PRENDE	APAGA	NOCHE PRENDE	APAGA	TOTAL DE HORAS LUZ
1	2/10/07	1:00:00	8:30:00	18:30:00	24	23
2	9/10/07	1:00:00	8:30:00	18:30:00	24	23
3	16/10/07	1:00:00	8:30:00	18:30:00	24	23
4	23/10/07	1:45:00	8:30:00	18:30:00	24	22:15:00
5	30/10/07	1:45:00	8:30:00	18:30:00	23:15:00	21:30:00
6	6/11/07	2:30:00	8:30:00	18:30:00	23:15:00	20:45:00
7	13/11/07	2:30:00	8:30:00	18:30:00	22:30:00	20:00:00
8	20/11/07	3:15:00	8:30:00	18:30:00	22:30:00	19:15:00
9	27/11/07	3:15:00	8:30:00	18:30:00	21:45:00	18:30:00
10	4/12/07	4:00:00	8:30:00	18:30:00	21:45:00	17:45:00
11	11/12/07	4:00:00	8:30:00	18:30:00	21:00:00	17:00:00
12	18/12/07	4:45:00	8:30:00	18:30:00	21:00:00	16:15:00
13	25/12/07	4:45:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	15:30:00
14	1/1/08	5:30:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	14:45:00
15	8/1/08	6:15:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	14:00:00
16	15/1/08	7:00:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	13:15:00
17	22/1/08	7:45:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	12:30:00
18	29/1/08	7:45:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	12:30:00
19	5/2/08	7:45:00	8:30:00	18:30:00	20:15:00	12:30:00
20	12/2/08	8:00:00	8:30:00	18:30:00	20:00:00	12:00:00
21	19/2/08	7:30:00	8:30:00	18:30:00	20:30:00	13:00:00
22	26/2/08	7:00:00	8:30:00	18:30:00	21:00:00	14:00:00
23	4/3/08	6:30:00	8:30:00	18:30:00	21:30:00	15:00:00
24	11/3/08	6:00:00	8:30:00	18:30:00	22:00:00	16:00:00

#### 4.3.2. Formulación de la dieta base.

La dieta base fue elaborada en la Fábrica de Alimentos del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Se formulo la dieta para el periodo de iniciación en base a los requerimientos de esta etapa con los siguientes ingredientes: sorgo, Maíz, aceite se soya, pasta de soya, maíz extraído; ajustándose a un 20% de proteína, 2915- 3025 Kcal/kg y a 1% de acido linoleico. Formulando la dieta para las aves en producción con las cantidades e ingredientes que se muestran en la tabla 8.

**Tabla No. 8** Dieta para la etapa de producción de gallinas de postura de la línea Hy-Line W36

Ingrediente	Cantidad en Kg.
Sorgo	568
Soya	215
Gluten de Maíz	40
Aceite de gluten	35
Carbonato de calcio	92
Micro Vit AA gallina	50

Se proporcionó el alimento y el agua *ad libitum* de manera constante, la cantidad de alimento se determinó de acuerdo a los requerimientos y etapas de desarrollo señalados por NRC (1994) sin añadir coccidiostatos, antibióticos ni promotores del crecimiento.

#### 4.3.3. Control y monitoreo de temperatura

La temperatura se monitoreó diariamente; se inició con 32° C temperatura al recibir las pollitas y hasta la primera semana, posteriormente la temperatura se fue reduciendo gradualmente a razón de 2° C semanales hasta llegar a los 21°C. Mediante una criadora de gas y el manejo de la ventilación de la caseta.

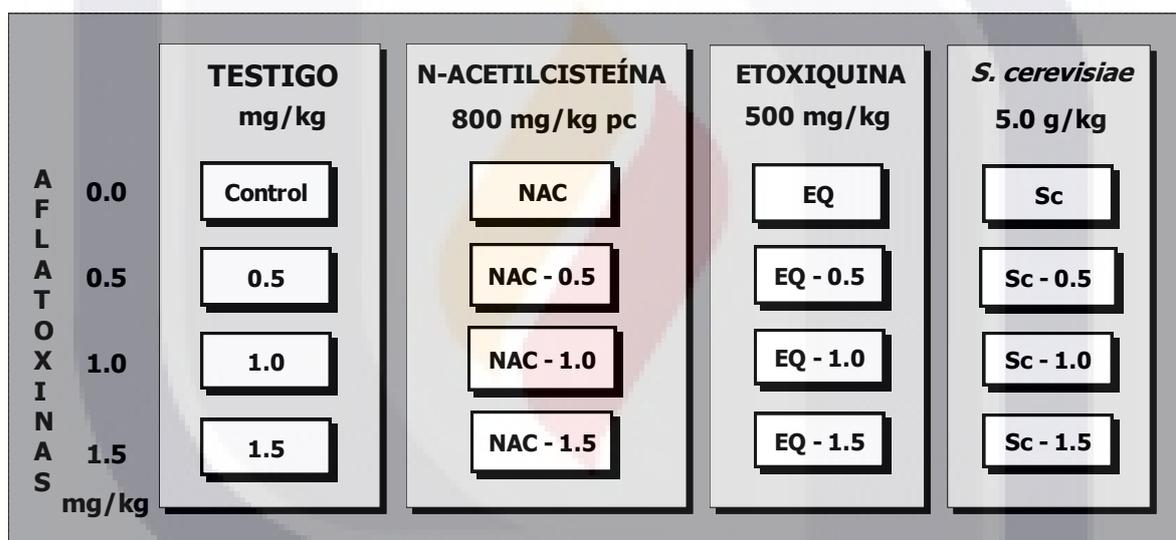
#### 4.4 Contaminación de la dieta base

Para la contaminación del alimento se utilizaron dos cepas toxicogénicas de *Aspergillus flavus* (Cuautitlán y Tamaulipas). La contaminación se hizo de acuerdo al método señalado por Valdivia y colaboradores (Valdivia *et al.*, 2001b) que consiste en obtener cultivos del hongo en agar-papa; posteriormente se depositaron las esporas en dosis de  $5.0 \times 10^6$  esporas por 100 g de maíz. Al maíz previamente se le agregó un fijador de esporas (aceite de parafina al 1.0%) y un 15% de humedad para asegurar que se incubara a una temperatura de 29° C durante 14 días, todo bajo condiciones de esterilidad y con medidas de seguridad personal. La dieta base y el maíz contaminado se analizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución para cuantificar la concentración de micotoxinas de acuerdo al método señalado por la AOAC (Scott, 1995) para alcanzar la concentración de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg de AFs

por Kg. de alimento. Para la contaminación del alimento, se adquirieron once genotipos de maíz: Criollo, Palomero, C-526, Cal-Oro, 3028W, 3002, C-922, 30G40, 30R39, As910 y Gartz 8366.

#### 4.5 Diseño experimental

De manera aleatoria (Snedecor y Cochran, 1967) se formaron 16 grupos experimentales (n = 48) con un arreglo factorial de tratamientos (Figura No. 4) que incluyó cuatro niveles de AFs (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg por kg de alimento) y tres esquemas de quimioprotección (Valdivia *et al.*, 2004): NAC, EQ y SC, en la dosis de cero o en la estimada anteriormente para cada quimioprotector: NAC: 800 mg/kg pc, EQ: 500 mg/kg de alimento y SC: 5.0 g/Kg. de alimento.



**Figura No. 4** Diseño Experimental. Se representan las concentraciones de AFs en 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento. La etoxiquina se usó en dosis de 500 mg/kg de alimento, *Saccharomyces cerevisiae* en dosis de 5.0 g/kg de alimento, mientras que se aseguró una ingestión promedio de N-acetilcisteína equivalente a 800 mg/kg pc.

En la tabla 9 se proporcionan los datos correspondientes para la identificación de cada uno de los grupos de tratamientos utilizados para la realización de este proyecto de investigación.

**Tabla No. 9** Grupos para la intoxicación con aflatoxinas y de los tratamientos con agentes quimioprotectores en gallinas de postura

No.	Grupo	Tratamiento			
		AFs ppm	SC g/kg	NAC mg/kg pc	EQ mg/kg
1	Control	0.0	0.0	0.0	0.0
2	AFs 0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
3	AFs 1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
4	AFs 1.5	1.5	0.0	0.0	0.0
5	SC + 0.0 AFs	0.0	5.0	0.0	0.0
6	SC + 0.5 AFs	0.5	5.0	0.0	0.0
7	SC + 1.0 AFs	1.0	5.0	0.0	0.0
8	SC + 1.5 AFs	1.5	5.0	0.0	0.0
9	NAC + 0.0 AFs	0.0	0.0	800	0.0
10	NAC + 0.5 AFs	0.5	0.0	800	0.0
11	NAC + 1.0 AFs	1.0	0.0	800	0.0
12	NAC + 1.5 AFs	1.5	0.0	800	0.0
13	EQ + 0.0 AFs	0.0	0.0	0.0	500
14	EQ + 0.5 AFs	0.5	0.0	0.0	500
15	EQ + 1.0 AFs	1.0	0.0	0.0	500
16	EQ + 1.5 AFs	1.5	0.0	0.0	500

As=aflatoxinas, SC=*Saccharomyces cerevisiae*, NAC=N-acetilcisteína, EQ=etoxiquina

#### 4.6 Distribución espacial de campo y administración de dietas experimentales

A las 12 semanas de edad de las aves estas fueron trasladadas a jaulas tipo Pirámide invertida con medidas de 30cm de frente por 50cm de profundidad, las jaulas cuentan con bebederos de copa automáticos y con comederos tipo canaleta, a partir de esta edad fueron suministrados los tratamientos hasta las 80 semanas de edad de las gallinas.

Se efectuó la distribución de campos asignando 30 gallinas por línea (L), Las aves fueron seleccionadas de acuerdo a la semejanza de peso corporal (media  $\pm$  5%) y ausencia de defectos morfológicos, a cada línea se le asigno un número y uno de los tratamientos, quedando la distribución de la siguiente manera: L<sub>1</sub>=T<sub>5</sub>, L<sub>2</sub>=T<sub>1</sub>, L<sub>3</sub>=T<sub>6</sub>, L<sub>4</sub>=T<sub>11</sub>, L<sub>5</sub>=T<sub>7</sub>, L<sub>6</sub>=T<sub>2</sub>, L<sub>7</sub>=T<sub>8</sub>, L<sub>8</sub>=T<sub>12</sub>, L<sub>9</sub>=T<sub>13</sub>, L<sub>10</sub>=T<sub>15</sub>, L<sub>11</sub>=T<sub>9</sub>, L<sub>12</sub>=T<sub>14</sub>, L<sub>13</sub>=T<sub>15</sub>, L<sub>14</sub>=T<sub>4</sub>, L<sub>15</sub>=T<sub>10</sub>, L<sub>16</sub>=T<sub>16</sub>.

### 5.7 Variables a evaluar

#### 5.7.1. Calidad del huevo

##### 5.7.1.1 Altura de albúmina

Se analizó utilizando las unidades Haugh. Definidas como la altura de la albúmina expresada logarítmicamente y corregida con el peso del huevo, mediante la fórmula siguiente:  $U.H. = 100 \times \text{Log} (\text{altura del albumen} - (1.7 \times \text{peso del huevo})^{0.37} + 7.5)$ , estas unidades conforman una escala que va del 0 al 110 donde a menor valor menor es la calidad del huevo. La NMX-FF-0789-SCF-2004 clasifica el huevo en cuatro grados de acuerdo a su calidad (Tabla 10).

**Tabla No. 10** Grados de clasificación del huevo

Grados de Clasificación	Cascaron	Clara	Yema
A) México Extra	Normal, íntegro y limpio	Limpia, firme y transparente, de tal forma que los límites de la yema sean ligeramente definidos. La altura de la albúmina es de más de 5.5 mm a en unidades Haugh mayo de a 70	De forma redondeada, libre de defectos, ubicada en el centro sin manchas de sangre y carnosidades, el disco germinativo impecable, El color puede ser entre 9 y 14 en el abanico colorimétrico de roche
B) México 1	Normal, íntegro y limpio.	Transparente y firme, permitiendo ver los bordes de la yema. La altura de la albúmina es de más de 4.2 mm a en unidades Haugh de 61 a 70	De forma redondeada libre de defectos, ubicada en el centro, sin manchas de sangre y carnosidades. El color puede ser entre 9n y 13 en el abanico colorimétrico de Roche
C) México 2	Puede presentar anomalías, pero debe estar intacto, libre de manchas o excremento adherido, sangre u otros materiales	Puede ser débil y acuosa, unidades Haugh es de 31 a 60 La altura de la albúmina es de más de 2.2 mm	Puede aparecer oscura y estar ligeramente aplanada o alargada, desplazada fuera de la posición céntrica pero sin sangre. El color puede ser entre 9 y 13 en el abanico colorimétrico de roche
D) fuera de clasificación	Lavado, sucio, manchado de sangre, excremento o cualquier materia extraña. Quebrado	Cuando tenga cuerpos extraños o manchas, que solas o en conjunto tengan un tamaño mayor a 3.1 mm o bien cuando aparezca turbia	Oscura, no céntrica, de conformación anormal, o con crecimiento microbiológico.

*Adaptado de NMX-FF-0789-SCF-2004*

El procedimiento para la medición de las unidades Haugh se realizó de la siguiente manera:

1. Semanalmente se seleccionaron 5 huevos al azar por cada uno de los tratamientos.
2. Se pesó cada uno de los huevos de manera individual y se registró el dato.
3. Sobre una superficie plana y limpia se procedió a romper cada uno de los huevos.

4. Con el uso de un bernier se midió la altura de la albúmina localizada entre la yema y el borde exterior de la clara densa (la mas cercana a la yema)
5. Con los valores del peso del huevo y la altura de la clara se aplica la formula
6. Se registraron los datos para cada uno de los tratamientos y se obtuvo la media y el error estándar semanal para cada uno de ellos.

### 5.7.1.2 Color de la yema

El color de la yema puede variar del amarillo al anaranjado esto según su contenido de carotenos y xantofilas. En la tabla 10 Se indica que las tonalidades entre el 9 y 13 del abanico colorimétrico de roche son aceptables

El procedimiento para la medición del color se realizo de la siguiente manera:

1. Semanalmente se seccionaron 5 huevos al azar por cada uno de los tratamientos.
2. Sobre una superficie plana y limpia se procedió a romper cada uno de los huevos.
3. Con el uso de el abanico de color de roche se selecciono la gama de color a la que correspondiera cada uno de los huevos.
4. Se registraron los datos para cada uno de los tratamientos

### 5.7.1.3 Calidad de la cáscara y tamaño del huevo.

Un cascaron normal es aquel que guarda una relación de 3 a 4 al momento de medir el diámetro ecuatorial y el diámetro polar máximo polar, es decir, que el diámetro es 25% mayor que el ecuatorial como máximo. El cascaron no debe presentar ondulaciones, lados planos, surcos, arrugas, estrías o anillos alrededor del huevo, decoloración, cascarón frágil, así como protuberancias de material calcificado depositado en su superficie. NMX-FF-0789-SCF-2004

1. Semanalmente se seccionaron 5 huevos al azar por cada uno de los tratamientos.

2. Se pesó cada uno de los huevos de manera individual y se registró el dato.
3. Con el uso de un vernier se tomó la medida de las longitudes de los polos y el ecuador de cada uno de los huevos
4. Se registraron los datos para cada uno de los tratamientos y se obtuvo la media y el error estándar semanal para cada uno de ellos.

### 4.7.2 Parámetros productivos

#### 4.7.2.1 Consumo de alimento diario (CADA)

(Promedio semanal) por ave (CADA). En primer término, se calculan los kilogramos de alimento consumido en un día. Para obtener el CADA, el resultado se divide entre el número promedio de aves en la semana.

Kg. de alimento a la semana = Kg. de alimento promedio al día

7

Kg. de alimento al día = CADA

Número de aves (promedio en la semana)

#### 4.7.2.2 Consumo acumulado por ave

Es la suma de los consumos semanales o diarios por ave.

#### 4.7.2.3 Ganancia de peso diario (GPD)

Es el promedio de peso por ave al vender la parvada, dividido entre la edad en días del ave

Peso final del ave en vivo = GPD

Edad en días (al salir al mercado)

#### 4.7.2.4 Peso semanal por ave (PMSA)

Se toma al azar del cinco al diez por ciento de aves de la parvada, se pesan y del resultado se divide entre el número de aves pesadas.

$$\frac{\text{Peso de las aves}}{\text{Número de aves que se pesaron}} = \text{PMSA}$$

Número de aves que se pesaron

#### 4.7.2.5 Índice de conversión

Es una característica heredable y fácilmente afectada por el alimento de baja calidad, enfermedades y mal manejo.

$$\frac{\text{Kg. de alimento consumido por parvada}}{\text{Kg. De huevo producido por parvada}} = \text{IC}$$

Kg. De huevo producido por parvada

#### 4.7.2.6 Índice de mortalidad (M)

Es el porcentaje de aves muertas en un lapso determinado. El porcentaje semanal se divide entre las aves al comenzar la semana; el porcentaje acumulado se divide entre las aves que se recibieron de un día de edad, o desde que se inició la postura en el caso de gallinas.

$$M = \frac{A \times 100}{N}$$

N

M = Índice de mortalidad

A = número de aves muertas en un período determinado

N = animales al empezar el periodo

#### 4.7.2.7 Índice de viabilidad de la parvada (V)

Es el porcentaje de animales que sobreviven hasta el inicio de la postura (de cero a 20 semanas), o en aves que terminan el ciclo de producción de cinco a diecinueve meses.

$$V = \frac{A \times 100}{N}$$

N

V = Índice de viabilidad de la parvada

A = número de animales que sobrevivieron, que llegaron a producción o al mercado

N = número de animales iniciados

#### 4.7.2.8 Eficiencia alimentaría (EA)

Es la cantidad de kg de carne o huevos que se producen en una tóenla de alimento, se obtiene de dividir mil entre el índice de conversión se considera aceptable un EA de 480kg de carne/toneladas de alimento y de 425 kg de huevo/ton de alimento

$$EA = \frac{1000}{IC}$$

#### 4.7.2.9 Pesos del huevo

Se pesa al azar el 10% de los huevos una vez a la semana. Se obtiene el número de kg de huevos y se divide entre el número de huevos pesados.

$$PH = \frac{Kg. \text{ de huevos}}{\text{Número de huevos}}$$

Número de huevos

La NMX-FF-0789-SCF-2004 clasificación el huevo en cuatro categorías de acuerdo a su tamaño (Tabla No.11)

**Tabla No. 11** Clasificación de huevo por su peso

Tamaño	Peso mínimo por unidad (g)
1 Extra grande	Mayor de 64
2 Grande	Mayor de 60 hasta 64
3 Mediano	Mayor de 55 hasta 60
4 Chico	Mayor de 50 hasta 55
5 Canica	Menor o iguala 50

Adaptado de NMX-FF-0789-SCF-2004

#### 4.7.2.10 Producción gallina-día relativo (PGD)

Para calcularla se divide el número de huevos promedio puestos diariamente con base en tres días, una semana o un mes, entre la existencia de gallinas al finalizar dicho periodo. Este dato se puede expresar en número de huevos o en porcentaje de producción. Mediante la suma de estos datos se obtiene la PGD en el ciclo

PGD =  $\frac{\text{número de huevos producidos diariamente}}{\text{Número de gallinas}}$

Número de gallinas

### 4.8 Titulación de Anticuerpos

La serología se usa para demostrar una infección con el VENC o para monitorear una respuesta vacunal. Los métodos más utilizados son la inhibición de la hemoaglutinación (HI), el método de ELISA y el virus de suero neutralización. El método de HI se realiza usando volúmenes de 0.025 ml, 4 UHA de VENC, glóbulos rojos de pollo al 0.5% y micro placas con fondo en V

#### 4.8.1 Metodología de la prueba de HI

##### 1. Materiales y equipo

- a. 300 ml de solución salina fisiológica (SSF) pH 7.2.
- b. 5 ml antígeno de Newcastle.
- c. 10 ml glóbulos rojos de ave al 0.5% lavados con SSF.
- d. 10  $\mu$ L suero positivo contra Newcastle
- e. 10  $\mu$ L suero negativo
- f. 10  $\mu$ l suero problema
- g. 14 micro placas de 96 pocillos de fondo V
- h. Micro pipeta multicanal de 5 a 50  $\mu$ L
- i. Micro pipeta multicanal de 200  $\mu$ L y 1000  $\mu$ L.
- j. Puntas de plástico estériles para pipeta multicanal automática
- k. 2 recipientes de plástico ( grande y pequeño)
- l. Recipientes para puntas sucias con cloro al 1%

- m. Reloj cronometro.

### 2. Procedimiento

1. Titulación de antígenos de New Castle.
2. El antígeno debe mantenerse en refrigeración y dejar que tome la temperatura ambiente (18-26°C) antes de usarlo.
3. En una microplaca de fondo en V, Se adicionan 50 µL de SSF, de las filas H a la C, de los pozos 1 al 12.
4. En los pozos No. 1 de las dilas H, G y F; se adicionan 50 µL del antígeno de ENC; (De esta manera tenemos una dilución 1:2).
5. Se realizan diluciones dobles seriadas: Transfiriendo 50 µL del pozo No. 1 de cada fila al pozo No. 2; del pozo No.2 al pozo No. 3, y así sucesivamente hasta llegar al pozo No. 12 de cada fila.
6. Se continua diluyendo en los tres primeros pozos de las filas E, D y C y se descartan los 50 µL restantes (las diluciones correspondientes serán 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 :1:32, 1:64, 1:128, 1: 34768) Los pozos del No. 4 al 12 de las filas E,C, D, que contienen SSF serán utilizados como controles de glóbulos rojos.
7. Se adiciona 50 µL de glóbulos rojos al 0.5% a las filas H, G, F, E, D, y C: del pozo No. 1 al pozo No. 12
8. Se incuba la microplaca a temperatura ambiente durante 30 minutos
9. Durante el periodo de incubación se realiza el llenado de microplacas con SSF para la comprobación de unidades hemoaglutinantes (UHA) y el corrimiento de la prueba de HI

### 3. Lectura de la prueba

1. Una vez trascurrido el periodo de incubación, el titulo del antígeno se lee de la siguiente forma
2. Se levanta la microplaca a la altura de los ojos y de forma inversa (volteando la microplaca)
3. El punto final de la titulación de antígeno está en la dilución más alta del antígeno que produzca 100% de hemoaglutinación; es decir, hasta la dilución más alta en que los glóbulos rojos se disemina

formando una capa uniforme en el fondo de los pozos. En esta dilución se considera que existe una unidad hemoaglutinante.

4. La dilución siguiente no se debe tomar en cuenta ya que se forma un botón con bordes definidos que se desliza tomando la forma de lágrima en el fondo del pozo (similar al control de glóbulos rojos) y a partir de este punto se considera que el antígeno ya no es capaz de hemaglutinar los glóbulos rojos en esta dilución.
5. Observar la figura 3. donde se muestra como ejemplo el resultado de la titulación del antígeno de New Castle; en donde el valor de dilución que se está considerando es de 1:1024 y este valor es el que tomaremos como base para realizar los cálculos para llevar a cabo la prueba

	H	G	F	E	D	C	B	A	
1:2	○	○	○	●	●	●	○	○	1
1:4	○	○	○	●	●	○	○	○	2
1:8	○	○	○	●	●	○	○	○	3
1:16	○	○	○	●	●	○	○	○	4
1:32	○	○	○	●	●	○	○	○	5
1:64	○	○	○	●	●	○	○	○	6
1:128	○	○	○	●	●	○	○	○	7
1:256	○	○	○	●	●	○	○	○	8
1:512	○	○	○	●	●	○	○	○	9
1:1024	○	○	○	●	●	○	○	○	10
1:2048	○	○	○	○	○	○	○	○	11
1:4096	○	○	○	○	○	○	○	○	12

**Figura No. 5** Interpretación del título de antígenos

Titulo del antígeno IA que muestra la tabla =1024

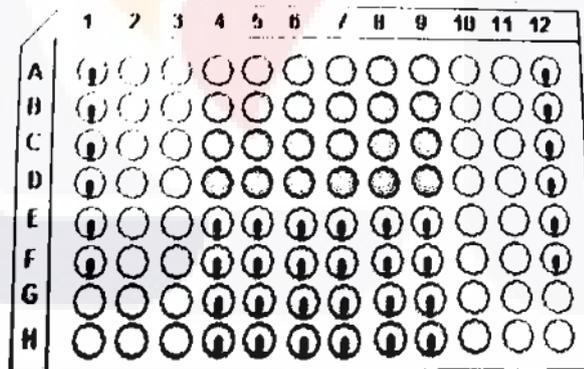
○=UHA (Unidades hemoaglutinantes)

●= Corrimiento del botón de glóbulos rojos formados en el fondo del pozo

La Fila que se encuentra sombreada representa la dilución en donde se produce el 100% de hemoaglutinación del Ag de ENC

- a. Ajustar el antígeno de ENC a 10 UHA hacer la dilución correspondiente de acuerdo al título obtenido
- b. Comprobación de las UHA del Ag para pruebas de HI

1. En una microplaca de fondo V, en las columnas M No. 1 y 12, de las filas A a La F, Se adicionas 50  $\mu$ L de SSD para control de glóbulos rojos.
2. De la columna No. 4 a la No. 9 de las filas B a la H se adicionan 50 de SSF
3. En las columnas No. 4 a la No. 9 se adiciona en la fila A, 50  $\mu$ L de Ag de ENC a 10 UHA; Luego en las filas B se Adiciona nuevamente 50  $\mu$ L de Ag de ENC a 10 UHA y a partir de aquí se realizan diluciones dobles seriadas transfiriendo 50  $\mu$ L al pozo siguiente y así sucesivamente hasta llegar a la fila H en donde los últimos 50  $\mu$ L restantes se descartan.
4. Se adicionan 50  $\mu$ L de GR al 0.5% a cada pozo de prueba y se incuba la microplaca a temperatura ambiente durante 30 minutos.
5. Transcurrido este tiempo, se realiza la lectura del control; La cuál indicará si el antígeno que se va a utilizar en la prueba de HI tuvo las unidades hemoaglutinantes correctas.
6. Si las unidades hemoaglutinantes no son las requeridas repetir los puntos 7.3 y 7.4.



**Figura No. 6** Controles para Ag de ENC

FILA	UNIDADES HEMOAGLUTINANTES (UHA).
A	10
B	5
C	2.5
<b>D</b>	<b>1.25</b>
E	0.625
F	0.312
G	0.156

**Figura No. 7** Interpretación de las unidades Hemoaglutinantes

La Figura 7, nos confirma las unidades hemoaglutinantes (UHA) a las que se debe trabajar el Ag de ENC

#### **Preparación del antígeno de ENC para la prueba de HI.**

1. La Cantidad de antígeno a preparar depende de la cantidad de sueros a trabajar y del título obtenido del Ag.
2. Los sueros positivos y negativos se incluyen en una de las placas de trabajo, se hace la dilución igual que los sueros problema.
3. Se usan micro placas de fondo V, se adicionan 90  $\mu$ L de SSF en la fila A.
4. En las filas B a la H, se adicionan 50  $\mu$ L de SSG
5. Se adicionan 10  $\mu$ L de suero problema en la fila A, se mezcla bien y se retira la micro placa
6. Se realizan diluciones dobles seriadas; transfiriendo 50  $\mu$ L de la fila A a la B, luego se fila B a la fila C y así sucesivamente hasta llegar a la fila H. En donde se descartan los 50  $\mu$ L restantes, de esta manera se tienen diluciones 1:10, 1:20, 1:40, 1:80, 1:160....1:1280 En casa fila respectiva.
7. Se adiciona 50  $\mu$ L del antígeno de 10 UHA a todas las filas (de la A a la H)
8. Se repite la comprobación de unidades en una placa separada; realizándose a la par del corrimiento del HI (paso 7.4.1 a 7.4.4)
9. Se incuba la microplaca a temperatura ambiente durante 30 minutos

10. Trascurridos los 30 minutos, se adiciona 50  $\mu$ L de la suspensión de glóbulos rojos al 0.5% en cada fila.
11. Se incuba la microplaca nuevamente durante 30 minutos
12. A los 30 minutos se lee la prueba y se registran los resultados en el formato de reporte de títulos obtenidos en la prueba de HI

### Interpretación de La prueba

1. La inhibición de la hemoaglutinación producida por los sueros que son positivos tiene un patrón semejante al control de glóbulos rojos, es decir, se forma un botón circular en el fondo del pozo con bordes definidos que se desliza tomando la forma de una lágrima cuando se inclina la micro placa en forma vertical
2. Del título se Acs se expresa como el recíproco de la última dilución del suero (dilución más alta), que inhibe completamente la capacidad hemoaglutinante del virus.
3. Cuando los resultados son negativos y no alcanzan a inhibir la acción hemoaglutinante del Ag, los glóbulos rojos se sedimentan formando una capa uniforme en el fondo del los pozos semejante al suero control negativo.

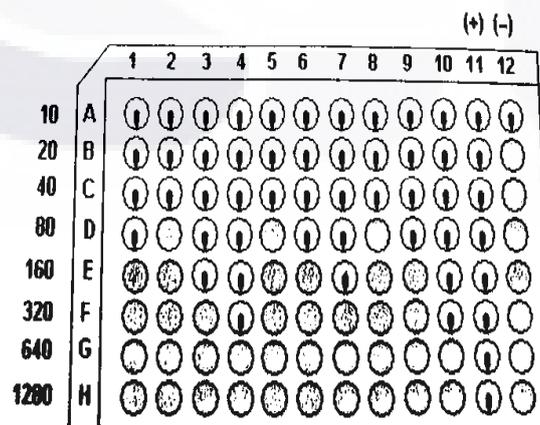


Figura No. 8 Interpretación de resultados

**Tabla No.12** Factor de dilución y equivalencia con el logaritmo

Dilución	Logaritmo
1:2	1
1:4	2
1:8	3
1:16	4
1:32	5
1:64	6
1:128	7
1:256	8
1:512	9
1:1024	10
1:2048	11

Las aves comenzaron a romper postura en la semana 20, y todos los tratamientos se estandarizaron a partir de las 23 semanas de edad, momento en el cual se inicio con el registro diario y semanal de las variables a evaluar, se diseñaron formatos de bases de datos elaboradas en la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel. Los datos productivos en cuanto al consumo de alimento, Índice de conversión, peso promedio semanal de huevo producido, y peso promedio de cada huevo, se registraron en dichos formatos. En cuanto a las variables de calidad de huevo, semanalmente se seleccionaron al azar cinco huevos por tratamiento, a los cuales se les determino la altura de albúmina (mm)(Unidades Haugh), el color de la yema (colorimetría), el espesor del cascaron (mm), el tamaño del huevo (cm) y peso del huevo (g).

#### 4.9 Toma de muestras para la evaluación de la respuesta inmune

De edad se obtuvieron muestras sanguíneas, de tres aves de cada tratamiento, con un volumen aproximado de 2.5 ml, de cada una de las aves. Las muestras se obtuvieron por medio de punción intracardiaca, insertando la aguja a nivel torácico en el costado derecho del ave y se depositó en viales endorff sin anticoagulante, los cuales se identificaron en forma individual y se colocaron en refrigeración (4.0° C). A las 24 horas, fue retraído el coágulo y se obtuvo el suero, que fue enviado al laboratorio para el posterior análisis de titulación de anticuerpos para la enfermedad de New Castle mediante el uso de la técnica de inhibición de hemaglutinación (IH).

#### 4.9.1 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 4x3x2 de tratamientos. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento para modelos lineales generales (GLM) del software *Statistical Analysis System* (SAS, 1999). La comparación de medias de los tratamientos se realizó por medio de la prueba protegida de Fischer, considerando un nivel de probabilidad  $P \leq 0.05$ . El modelo estadístico que se siguió para evaluar el diseño completamente al azar fue el siguiente:

Para probar el diseño experimental:

$$Y_j = \mu + T_j + \epsilon_j \quad j = 1, 2, \dots, t$$

Para probar el arreglo factorial:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{il} + \epsilon_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklm}$	= variable respuesta
$T$	= número de tratamientos
$\mu$	= media general
$A_i$	= efecto del factor A a nivel i (AFB)
$B_j$	= efecto del factor B a nivel j (NAC)
$C_k$	= efecto del factor C a nivel k (SC)
$D_l$	= efecto del factor D a nivel l (EQ)
$AB_{ij}$	= interacción entre el factor A y el factor B
$AC_{ik}$	= interacción entre el factor A y el factor C
$AD_{il}$	= interacción entre el factor A y el factor D
$\epsilon_{ijklm}$	= error aleatorio de cada uno de los factores

Los resultados de todas las variables obtenidos de los cinco muestreos realizados fueron capturados y ordenados en una hoja electrónica de Microsoft Excel<sup>®</sup> para facilitar su análisis mediante el paquete estadístico SAS<sup>®</sup>,

V. RESULTADOS

Con la finalidad de facilitar el análisis de los datos estos se dividieron en tres periodos de producción, cada uno de ellos con una duración de 17 semanas haciendo un total de 52 semanas de producción y 73 semanas de edad de las aves. Los resultados presentados corresponde a estos tres periodos; primer periodo de la semana 23 a la 39, un segundo periodo de la semana 40 a la 56 y un tercer periodo de la semana 57 a la 73.

5.1 Parámetros de calidad de huevo

Durante estos tres periodos experimentales se evaluaron calidad interna y externa del huevo mediante los parámetros de altura de la albúmina expresada en unidades Haugh, color de la yema, tamaño del huevo y calidad de la cáscara.

5.1.1 Unidades Haugh

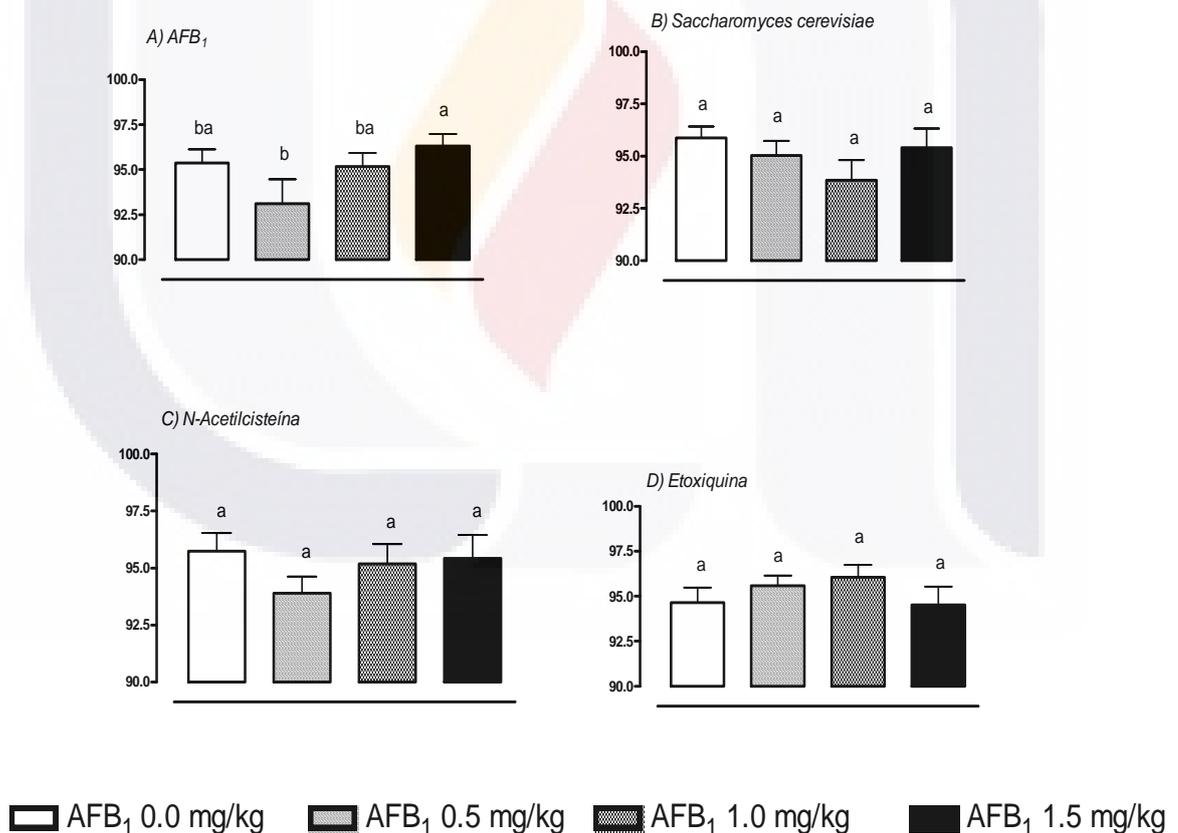
Los resultados corresponden a la media y el error estándar de las mediciones de cinco huevos semanales por tratamiento y se muestran en la Tabla 13

**Tabla No. 13** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Calidad de huevo expresado en unidades Haugh, En el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 semanas de edad) (Media ± EE).

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control								
Negativo	95.3±	0.759 <sup>ba/a</sup>	93.117±	1.35 <sup>b/a</sup>	95.176±	0.761 <sup>ba/a</sup>	96.317±	0.67 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	95.87±	0.547 <sup>a/a</sup>	95.0235±	0.706 <sup>a/a</sup>	93.835±	0.985 <sup>a/a</sup>	95.4±	0.925 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	95.7294±	0.809 <sup>a/a</sup>	93.894±	0.734 <sup>a/a</sup>	95.176±	0.867 <sup>a/a</sup>	95.423±	1.0279 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	94.652±	0.8316 <sup>a/a</sup>	95.588±	0.562 <sup>a/a</sup>	96.047±	0.694 <sup>a/ba</sup>	94.517±	1.022 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

Durante este periodo no se observaron diferencias significativas en ninguno de los grupos de tratamientos ( $P>0.05$ ). La tabla 13, indica la media y error estándar de las interacciones de los cuatro niveles de aflatoxina (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento) con los tres quimioprotectores (SC, NAC, y EQ), literales distintas indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ). La figura 9, en el panel A se muestran los valores del grupo que no recibió ninguno de los quimioprotectores, donde el tratamiento  $T_5$  (AFs 0.5mg/kg de alimento) presento una tendencia ligeramente negativa en relación al  $T_{13}$  (AFs 1.5 mg/kg de alimento), esta diferencia ya no es manifiesta en los grupos a los que se les adiciono SC, NAC y EQ como se muestra en la figura 9, en los paneles B, C y D respectivamente, donde no existen diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para ninguna de las interacciones de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento) con los quimioprotectores.



**Figura No. 9** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/Kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N-acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D), la calidad de huevo expresada en unidades Haugh, en aves de postura Hy-Line W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39. Las barras representan el valor de las medias y error estándar. Las literales distintas indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P<0.05$ ).

5.1.2 Tamaño del huevo y calidad del cascaron.

La calidad del cascaron se evaluó semanalmente mediante la medición de cinco huevos por tratamiento, estos se examinaron en busca de ondulaciones, lados planos surcos arrugas, estrías o anillos alrededor del huevo, decoloración, cascaron frágil así como protuberancias de material calcificado depositado en su superficie. Ninguna de estas anomalías se observó durante todo el ciclo productivo de las aves. Los cinco huevos se pesaron y se midieron en su longitud polar y ecuatorial, se obtuvo la diferencia entre ellas y se determinó si seguían un relación de 3 a 4.

La tabla 14, indica el promedio del porcentaje de las diferencias encontradas en cada uno de los tratamientos en los tres periodos experimentales y en ninguno de estos la diferencia es mayor a 25%, los valores de los diámetros polares y ecuatoriales se muestran en las tablas 15 y 16, respectivamente el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos ( $P > 0.05$ ), figuras 10 y 11.

**Tabla No. 14** Calculo del promedio de la diferencia entre el diámetro polar y ecuatorial durante productivo de aves alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, en un periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Porcentaje de diferencia entre el diámetro polar y ecuatorial (%)											
	AFs 0.0 mg/Kg de alimento			AFs 0.5 mg/Kg de alimento			AFs 1.0 mg/Kg de alimento			AFs 1.5 mg/Kg de alimento		
	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	Periodo	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Control Negativo	24.38	24.80	24.69	24.47	23.99	24.38	23.88	24.23	24.14	24.23	24.22	24.30
SC 4 g	24.47	24.65	24.65	24.90	24.50	24.20	24.54	24.11	24.51	24.14	24.26	24.29
NAC 800 mg	24.54	24.53	24.68	24.79	23.97	23.86	23.86	24.11	23.76	23.88	24.34	24.11
EQ 500 mg	24.58	24.62	24.54	24.64	24.02	24.08	24.05	24.29	24.52	23.61	24.34	24.29

**Tabla No. 15** Promedio del diámetro polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media ± EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	5.663±	0.0445 <sup>a/a</sup>	5.7635±	0.0258 <sup>a/a</sup>	5.744±	0.0281 <sup>a/a</sup>	5.698±	0.0301 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	5.578±	0.096 <sup>b/a</sup>	5.7005±	0.0245 <sup>ba/a</sup>	5.69±	0.0182b <sup>a/a</sup>	5.741±	0.0287 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	5.664±	0.034 <sup>a/a</sup>	5.683±	0.0273 <sup>a/a</sup>	5.655±	0.0508 <sup>a/a</sup>	5.726±	0.0241 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	5.671±	0.0277 <sup>a/a</sup>	5.695±	0.0318 <sup>a/a</sup>	5.691±	0.0367 <sup>a/a</sup>	5.711±	0.0221 <sup>a/a</sup>

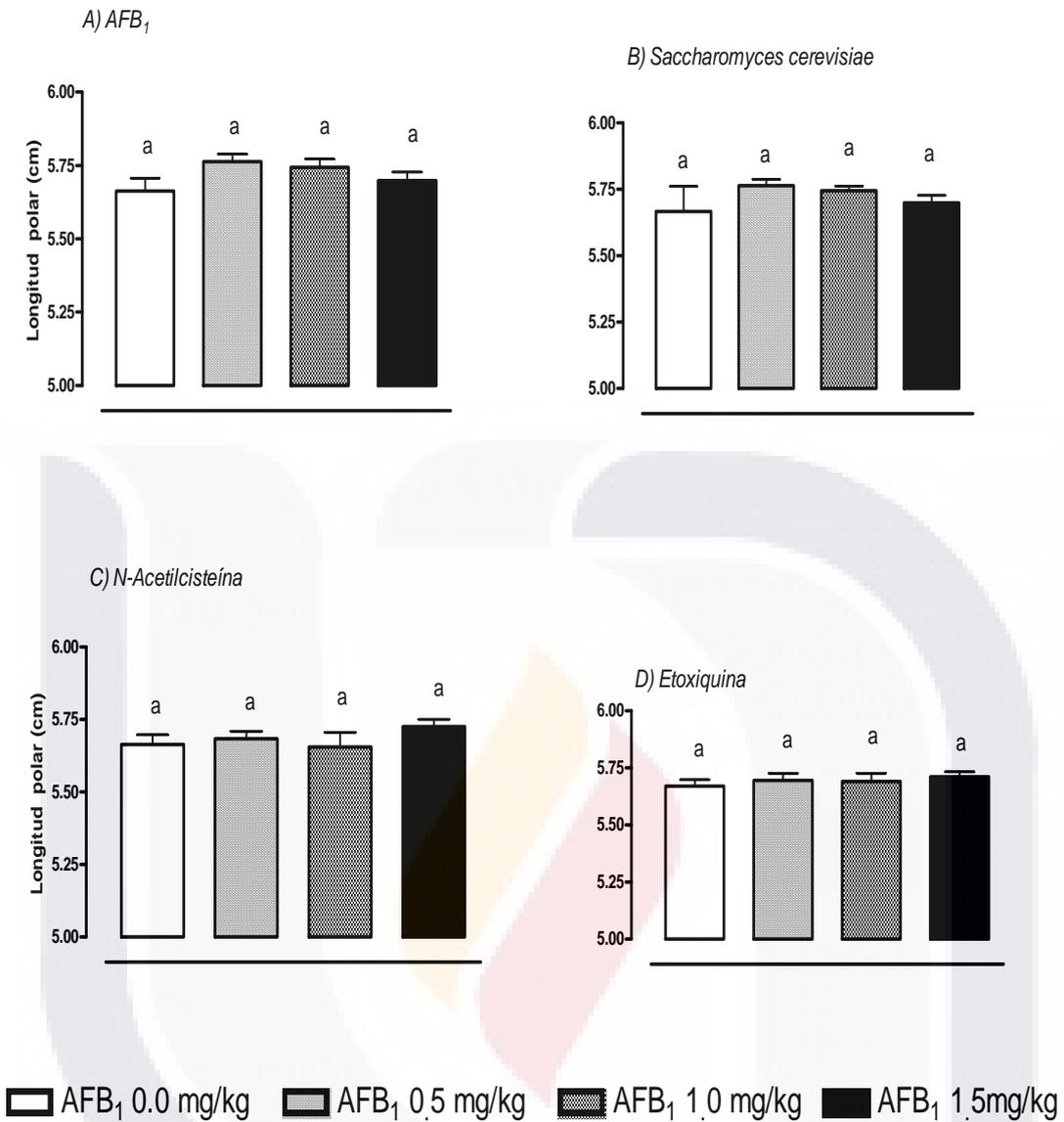
Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

**Tabla No. 16** Promedio del diámetro ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media ± EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	4.354±	0.0195 <sup>a/bc</sup>	4.358±	0.0288 <sup>a/a</sup>	4.362±	0.0236 <sup>a/a</sup>	4.366±	0.0217 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	4.335±	0.0205 <sup>a/ba</sup>	4.337±	0.0189 <sup>a/a</sup>	4.328±	0.0185 <sup>a/a</sup>	4.323±	0.0215 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	4.328±	0.0222 <sup>a/c</sup>	4.344±	0.0174 <sup>a/a</sup>	4.317±	0.0209 <sup>a/a</sup>	4.331±	0.0207 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	4.327±	0.0209 <sup>a/a</sup>	4.338±	0.0252 <sup>a/a</sup>	4.348±	0.0238 <sup>a/a</sup>	4.345±	0.0178 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**Figura No. 10** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/Kg de alimento) (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N-acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el tamaño del huevo en relación a su longitud polar, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo que abarca de la semana 23 a la 39. Las barras representan el valor de la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

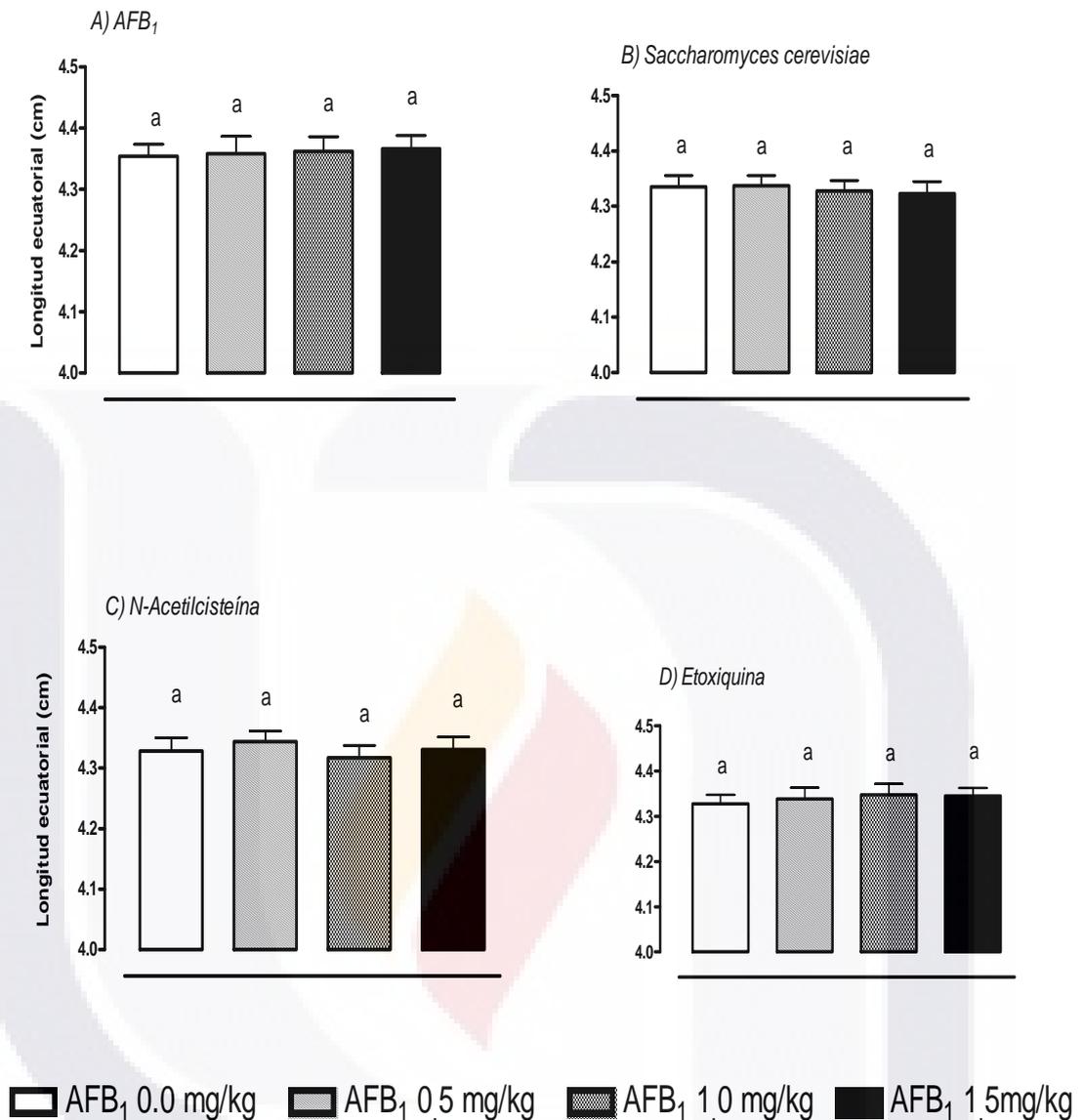


Figura No. 11 Efecto de la AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/Kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N-acetilcisteína (Panel C) y Etoxiquina (Panel D), sobre el tamaño del huevo en relación a su longitud ecuatorial, en aves de postura Hy-Line W36, durante el primer periodo de producción de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

La tabla 17, muestra el valor logarítmico correspondiente a la dilución mínima en que los Acs vacúnales estuvieron presentes, como se observa en esta tabla los valores de Acs son altos considerando que el rango del logaritmo es de 1 a

12 y se considera que de 5 a 11 la respuesta inmune es la adecuada para conferir protección a las aves.

**Tabla No. 17** Valores logarítmico que corresponde al factor de dilución observado durante la prueba de inhibición de la hemaglutinación

**Logaritmo de la dilución en la prueba de inhibición de la hemaglutinación**

	AFs 0.0 mg/Kg de alimento			AFs 0.5 mg/Kg de alimento			AFs 1.0 mg/Kg de alimento			AFs 1.5 mg/Kg de alimento		
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Control Negativo	9	10	10	10	10	9	11	10	9	9	12	9
SC 4 g	10	10	10	9	9	10	9	8	9	9	9	10
NAC 800 mg	10	10	9	10	10	10	9	8	9	9	10	9
EQ 500 mg	8	10	10	10	9	10	11	10	9	9	10	9

*Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))*

## 5.2 Parámetros productivos

### 5.2.1 Promedio semanal de huevo por ave

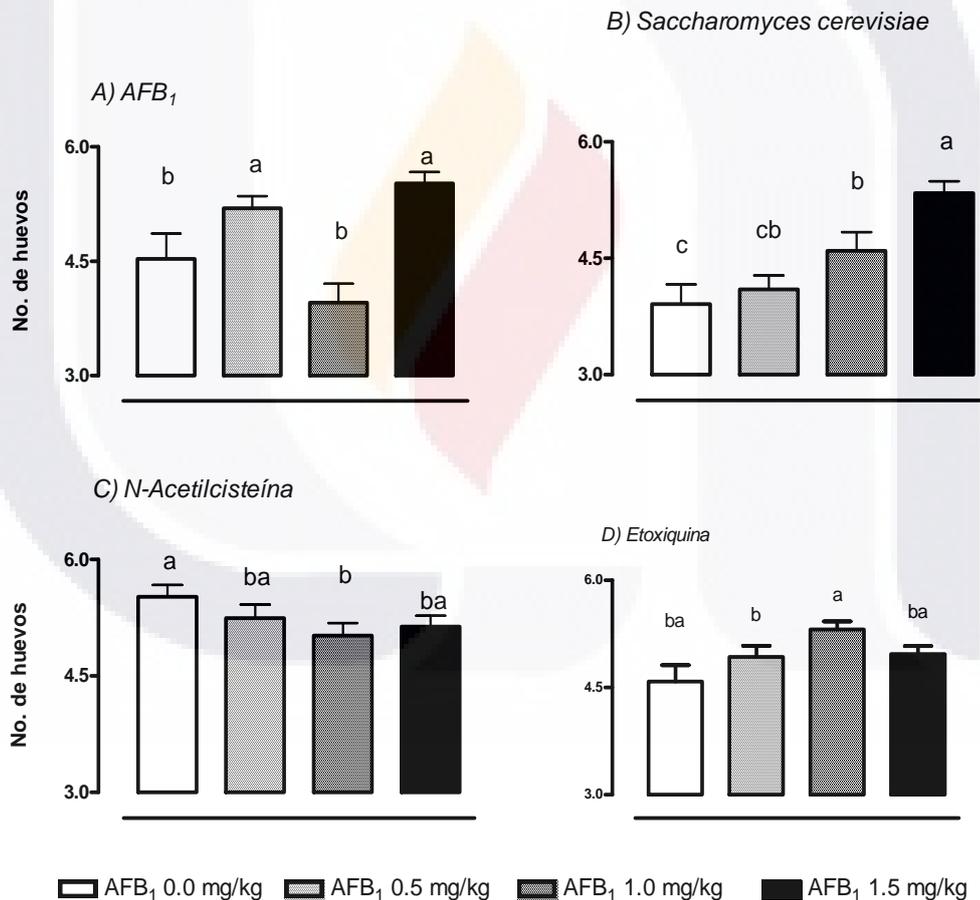
El promedio de huevo semanal por ave se obtuvo mediante el registro diario de la postura de las aves en cada uno de los distintos tratamientos. Con estos datos se calculo el promedio semanal por tratamiento y se dividió entre el número de aves. Los resultados observados durante el primer periodo de producción de la semana 23 a la 39, se muestran en la tabla 18, donde se puede observar que el rango de postura semanal fue de 3.911 a 5.521 huevos por ave. Durante este periodo se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Por otra parte, en la figura 12, se puede apreciar en el panel A., AFs que tanto el T<sub>5</sub> (AFs 0.5 mg/Kg de alimento), como el T<sub>13</sub> (AFs 1.5 mg/Kg de alimento), mostraron una mayor producción de huevos comparados contra el grupo de aves del tratamiento control (T<sub>1</sub>). Así mismo, encontramos que el T<sub>9</sub> (AFs 1.0 mg/Kg de alimento) mostró una tendencia negativa en la producción de huevo con respecto a los demás tratamientos. En el panel B, *Saccharomyces cerevisiae*: se puede observar una tendencia negativa del T<sub>14</sub>

(SC+AFs 1.5 mg/Kg de alimento) en relación con el T<sub>2</sub> (SC+AFs 0.0 mg/Kg de alimento), donde este presenta una menor producción de huevo con un promedio de 3.911 contra un 5.521 huevos por ave para el tratamiento adicionado con SC + AFs 1.5 mg/Kg de alimento (T<sub>14</sub>). Por otra parte, en el panel C (NAC) a si como en el panel D (EQ), la producción de huevo por ave se muestra más homogénea independientemente de la concentración de AFs utilizada. De la misma manera en la figura 13, se puede observar que existen diferencias significativas con el uso de los quimioprotectores y una dosis constante de AFs. Por otro lado, en el panel A donde no se adiciono la AFs se puede observar que existen diferencias en relación al uso del quimioprotector usado y se observa que con la adición de NAC+AFs 0.0 mg/kg de alimento (T<sub>3</sub>) el promedio de huevos por ave es mayor comparada contra el tratamiento control y el tratamiento de SC+AFs 0.0mg/kg de alimento (T<sub>2</sub>), La figura 13, en el panel B muestra que a razón de 0.5 mg/Kg de alimento de AFs (T<sub>5</sub>) los tratamientos adicionados con NAC (T<sub>3</sub>) y EQ (T<sub>4</sub>), muestran una producción similar que el tratamiento al que se le adiciono únicamente la AFs, y que la adición de SC (T<sub>2</sub>) presento una disminución en el numero de huevos por ave. En el Panel C se observa que al adicionar la AFs a dosis de 1.0 mg/Kg de alimento (T<sub>9</sub>), la producción de huevo presenta una tendencia positiva al ser adicionados los quimioprotectores y que de estos de mayor a menor fue con el uso de EQ (T<sub>4</sub>) y NAC (T<sub>3</sub>) respectivamente. En el Panel D al ser adicionada AFs 1.5 mg/Kg de alimento (T<sub>13</sub>), no se logro observar diferencias significativas y se muestran producciones de huevo por ave similares.

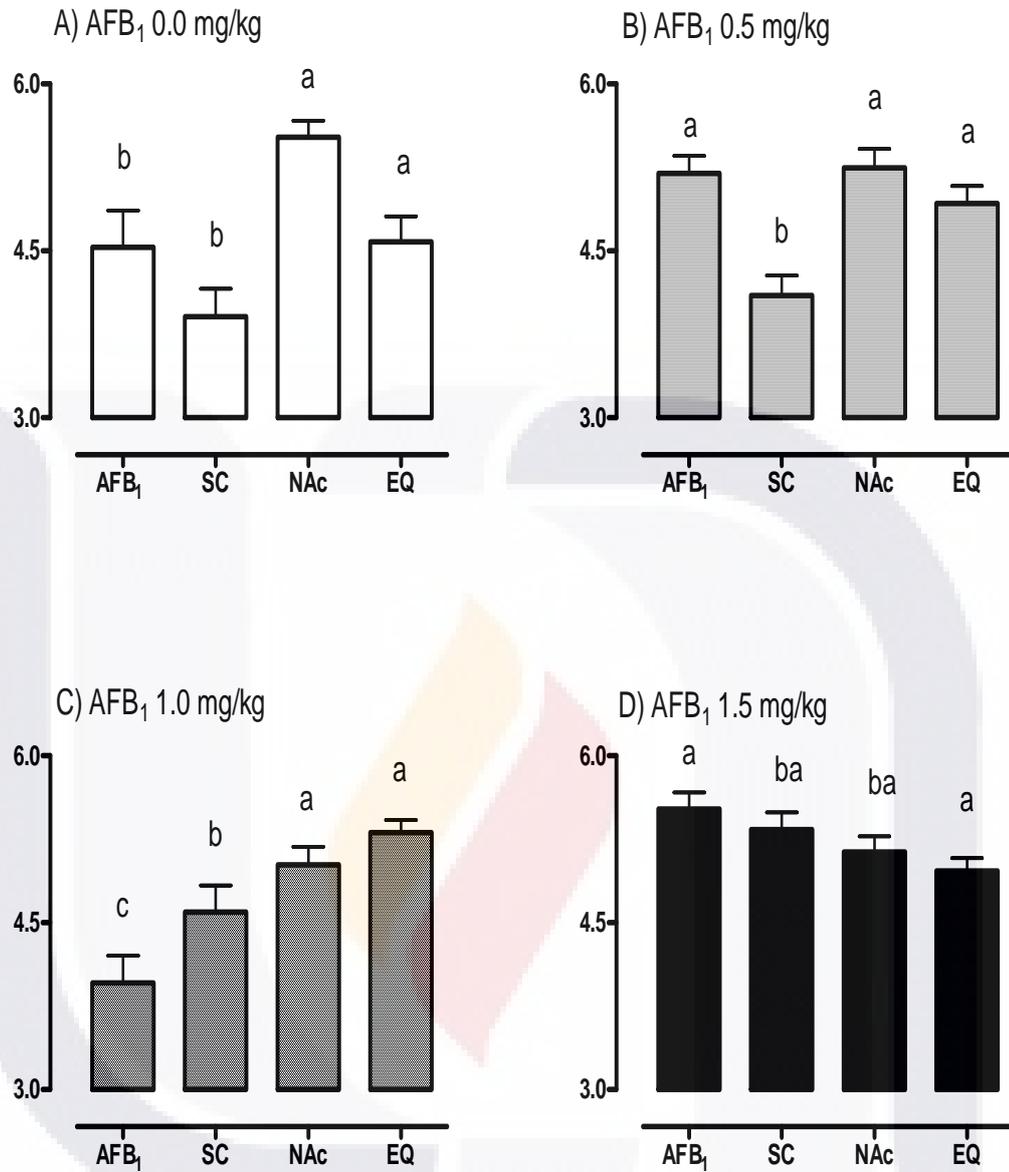
**Tabla No. 18** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	4.532 $\pm$	0.33 <sup>b/b</sup>	5.197 $\pm$	0.156 <sup>a/a</sup>	3.958 $\pm$	0.247 <sup>b/c</sup>	5.521 $\pm$	0.151 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	3.911 $\pm$	0.251 <sup>c/b</sup>	4.1 $\pm$	0.17996 <sup>cb/b</sup>	4.597 $\pm$	0.239 <sup>b/b</sup>	5.338 $\pm$	0.152 <sup>a/ba</sup>
NAC 800 mg	5.521 $\pm$	0.151 <sup>a/a</sup>	5.245 $\pm$	0.173b <sup>a/a</sup>	5.0217 $\pm$	0.161 <sup>b/ba</sup>	5.135 $\pm$	0.141 <sup>ba/ba</sup>
EQ 500 mg	4.581 $\pm$	0.229 <sup>b/a</sup>	4.925 $\pm$	0.156 <sup>a/a</sup>	5.311 $\pm$	0.112 <sup>b/a</sup>	4.964 $\pm$	0.116 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 12** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5. mg/Kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), NAC (Panel C) y EQ (Panel D), sobre el numero de huevos puesto semanalmente por ave, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).



**Figura No. 13** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/Kg de alimento (Panel A, Panel B, 1.0 Panel C y Panel D respectivamente) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae*, NAC y EQ, sobre el número de huevos puesto semanalmente por ave, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

5.2.2 Peso del huevo

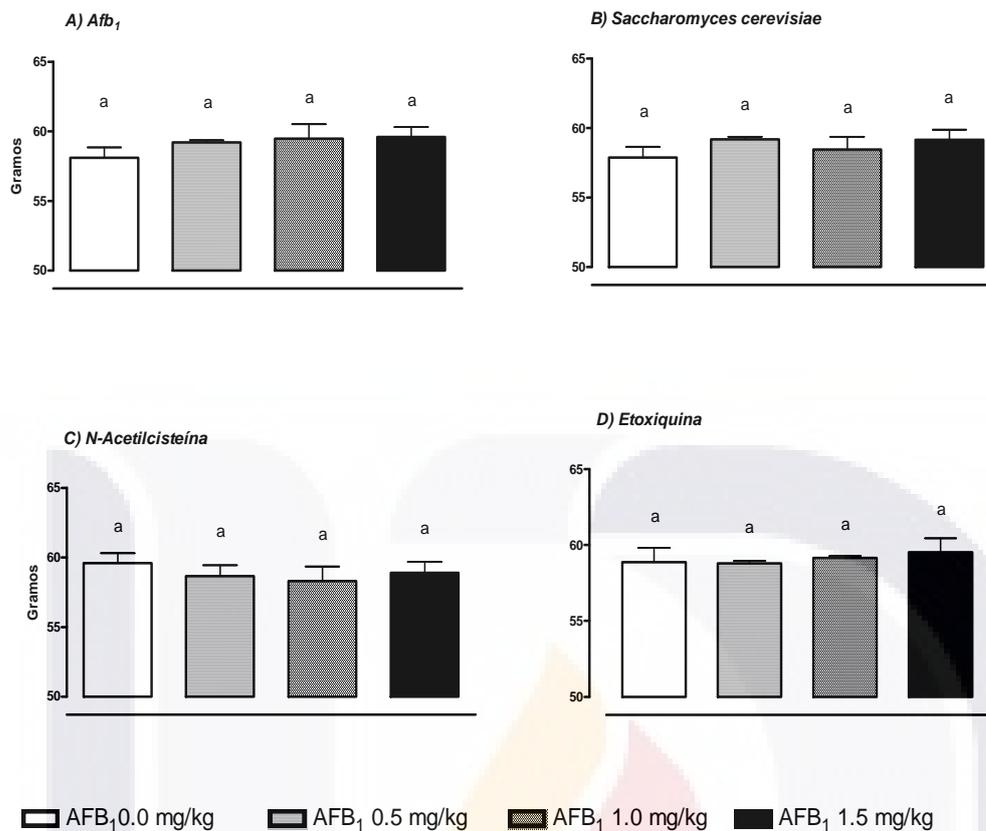
La Norma Mexicana para productos avícolas-Huevo fresco de gallina especificaciones y métodos de prueba, clasifica el huevo según el tamaño de este, en cinco categorías como se muestra en la tabla 11.

El peso del huevo se obtuvo de muestras de cinco huevos semanales por tratamiento se obtuvo la media y el error estándar en el primer periodo de 17 semanas de producción, los resultados obtenidos para cada uno de los tratamientos se muestran en la Tabla 19. Durante este primer periodo de investigación no se observaron diferencias significativas en relación al peso del huevo ( $P>0.05$ ). Por otra parte, en la figura 14 se muestra que independientemente de la dosis de AFs así como de la adición de los quimioprotectores el peso del huevo se mantuvo constante en todos los tratamientos, dentro de un rango de 57.87g a 59.53g, valores que son considerados dentro de la clasificación de la NMX como huevo clasificación tres (mediano). El efecto de la interacción de los quimioprotectores y la AFs no provocaron cambios significativos en la calidad de huevo durante este primer periodo de la investigación.

**Tabla No. 19** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, sobre el peso del huevo de gallinas de postura en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	58.1 $\pm$	0.749 <sup>a/a</sup>	59.197 $\pm$	0.156 <sup>a/a</sup>	59.472 $\pm$	1.045 <sup>a/a</sup>	59.6 $\pm$	0.707 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	57.87 $\pm$	0.707 <sup>a/a</sup>	59.179 $\pm$	0.179 <sup>a/a</sup>	58.451 $\pm$	0.91 <sup>a/a</sup>	59.145 $\pm$	0.732 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	59.6 $\pm$	0.707 <sup>a/a</sup>	58.665 $\pm$	0.766 <sup>a/a</sup>	58.306 $\pm$	1.051 <sup>a/a</sup>	58.891 $\pm$	0.792 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	58.88 $\pm$	0.9503 <sup>a/a</sup>	58.794 $\pm$	0.156 <sup>a/a</sup>	59.156 $\pm$	0.112 <sup>a/a</sup>	59.533 $\pm$	0.913 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 14** Efecto de la AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5. mg/Kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), NAC (Panel C) y EQ (Panel D), sobre el peso del huevo, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.2.3 Consumo de alimento diario por ave

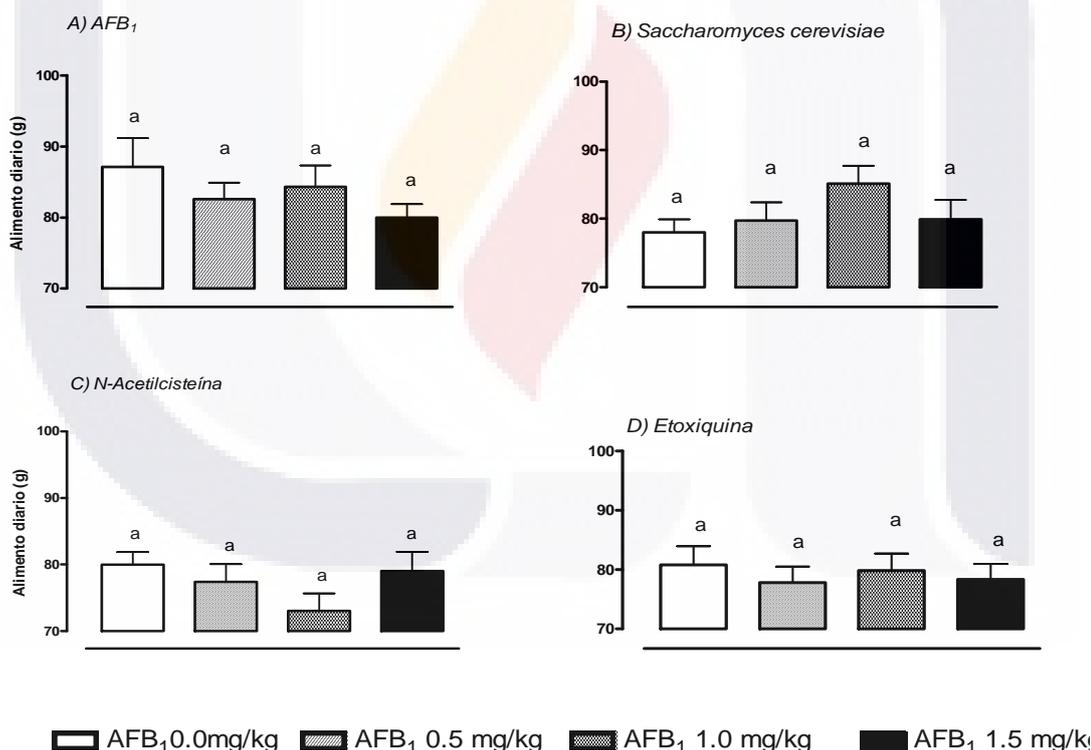
Los resultados del consumo de alimento diario por ave que se obtuvieron en el primer periodo de producción se muestran en la tabla 20. Donde se puede observar que los grupos de tratamientos no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Por otro lado, en la figura 15, en el panel A (quimioprotectores sin AFs) se observó una diferencia significativa entre el tratamiento control y los tratamientos a los que se les adicionó alguno tipo de quimioprotector, que consiste en que hay una disminución en el consumo de alimento diario por ave ( $P < 0.05$ ). Mientras que en el panel B se puede observar que al adicionar la AFs a razón de 1.0 mg/Kg de alimento, en interacción con la NAC ( $T_{11}$ ) y la EQ ( $T_{12}$ ), las aves mostraron un consumo de alimento diario por ave menor

comparado contra los tratamientos a los que no les fue adicionado un quimioprotector.

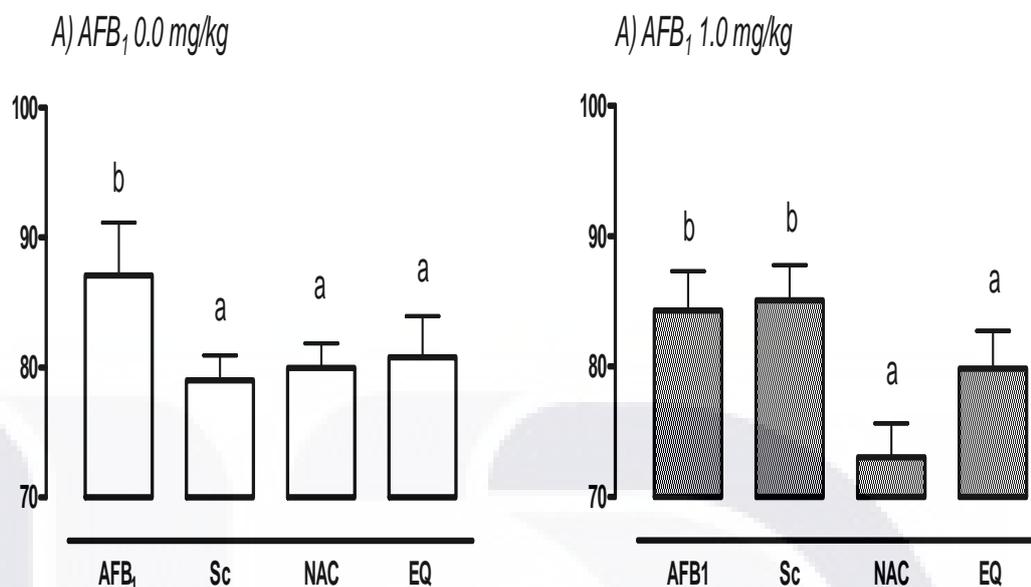
**Tabla No. 20** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC y EQ, sobre el consumo de alimento diario en gallinas de postura, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media ± EE).

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	87.104±	4.055 <sup>a/b</sup>	82.56	2.315 <sup>a/a</sup>	84.31	2.999 <sup>a/b</sup>	79.97	1.901 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	78±	1.927 <sup>a/a</sup>	79.74	2.661 <sup>a/a</sup>	85.09	2.669 <sup>a/b</sup>	79.92	2.83 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	79.965±	1.901 <sup>a/a</sup>	77.41	2.668 <sup>a/a</sup>	73.04	2.62 <sup>a/a</sup>	79.03	2.885 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	80.802±	3.17 <sup>a/a</sup>	77.83	2.672 <sup>a/a</sup>	79.86	2.875 <sup>a/a</sup>	78.38	2.612 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 15** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N* acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el consumo de alimento diario por ave, en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 23 a la 39. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).



**Figura No. 16** Efecto del uso de la AFs 0.0 (Panel A) y 1.5 (panel B) mg/Kg de alimento y su interacción con los quimioprotectores *Saccharomyces cerevisiae*, NAC y EQ, sobre el consumo de alimento diario por ave, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

#### 5.2.4 Índice de conversión alimenticia

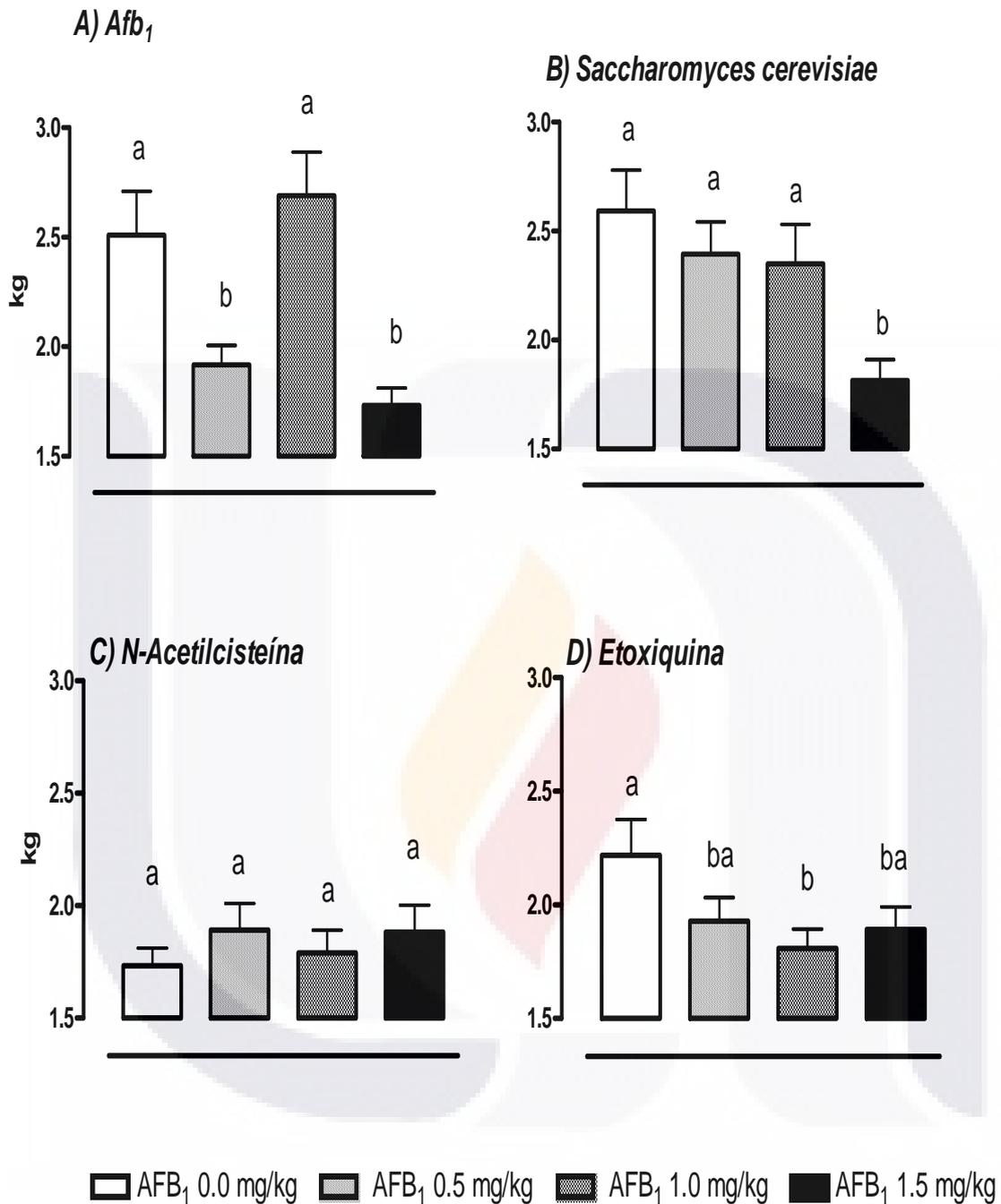
Los resultados del índice de conversión alimenticia obtenidos en el primer periodo se muestran en la Tabla 21. Durante este periodo experimental se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. Por otra parte, en la figura 16, se muestra en el panel A que tanto los tratamientos a los que se les suministro la aflatoxina a razón de 0.5 y 1.5 mg/Kg de alimento, sin la adición de algún quimioprotector ( $T_5$  y  $T_{13}$ ) presentaron una tendencia positiva a producir huevo con una menor cantidad de alimento. En el panel B, el  $T_{14}$  (SC+AFs 1.5 mg/kg de alimento), muestran una acción positiva del quimioprotector en presencia de la dosis alta de AFs. En el Panel C, se puede observar que al adicionar el NAC a la dieta muestran una disminución del índice de producción con todas las dosis de AFs, efecto que podría ser atribuido al uso de este quimioprotector. Finalmente en el panel D, se observa que a dosis de AFs 1.0 mg/kg de alimento cuando se combinó con la EQ esta

presenta un efecto positivo en comparación con el tratamiento al que no se le adiciono AFs. En el panel C como B, no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). En la figura 17, el panel A muestra el efecto positivo con la adición del NAC a la dieta, en el panel B, se observa que al adicionar el SC con la AFs a 0.5 mg/kg de alimento ( $T_6$ ) se presenta un aumento del índice de conversión estadísticamente significativo. En el panel C, por otra parte, se puede observar que con la adición de la AFs a 1.0 mg/kg de alimento con el NAC y EQ estos muestran un efecto positivo en comparación con los tratamientos a los que no les adiciono ningún quimioprotector y al que se le adiciono SC, donde el índice de conversión es mayor. Por último, en el panel D, se observa que en los tratamientos donde se adiciona la AFs 1.5 mg/kg de alimento más cualquiera de los tres quimioprotectores estos tienen un menor índice de conversión. Sin embargo, cabe mencionar que de la misma manera en que estos tratamientos muestran esta tendencia el tratamiento AFs 1.5 mg/kg de alimento fue igual.

**Tabla No. 21** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC y EQ, sobre el índice de conversión alimenticia de gallinas de postura, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	2.511 $\pm$	0.199 <sup>a/a</sup>	1.918 $\pm$	0.0879 <sup>b/b</sup>	2.69 $\pm$	0.199 <sup>a/a</sup>	1.733 $\pm$	0.0787 <sup>b/a</sup>
SC 4 g	2.592 $\pm$	0.188 <sup>a/a</sup>	2.394 $\pm$	0.147 <sup>a/a</sup>	2.35 $\pm$	0.1795 <sup>a/a</sup>	1.814 $\pm$	0.0952 <sup>b/a</sup>
NAC 800 mg	1.733 $\pm$	0.0787 <sup>a/b</sup>	1.8922 $\pm$	0.1186 <sup>a/b</sup>	1.79 $\pm$	0.103 <sup>a/b</sup>	1.882 $\pm$	0.1203 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	2.217 $\pm$	0.16 <sup>a/a</sup>	1.929 $\pm$	0.103 <sup>ba/b</sup>	1.809 $\pm$	0.085 <sup>a/b</sup>	1.892 $\pm$	0.0989 <sup>ba/a</sup>

*Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))*



**Figura No. 17** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), NAC (Panel C) y EQ (Panel D), sobre el índice de conversión alimenticia en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de producción de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

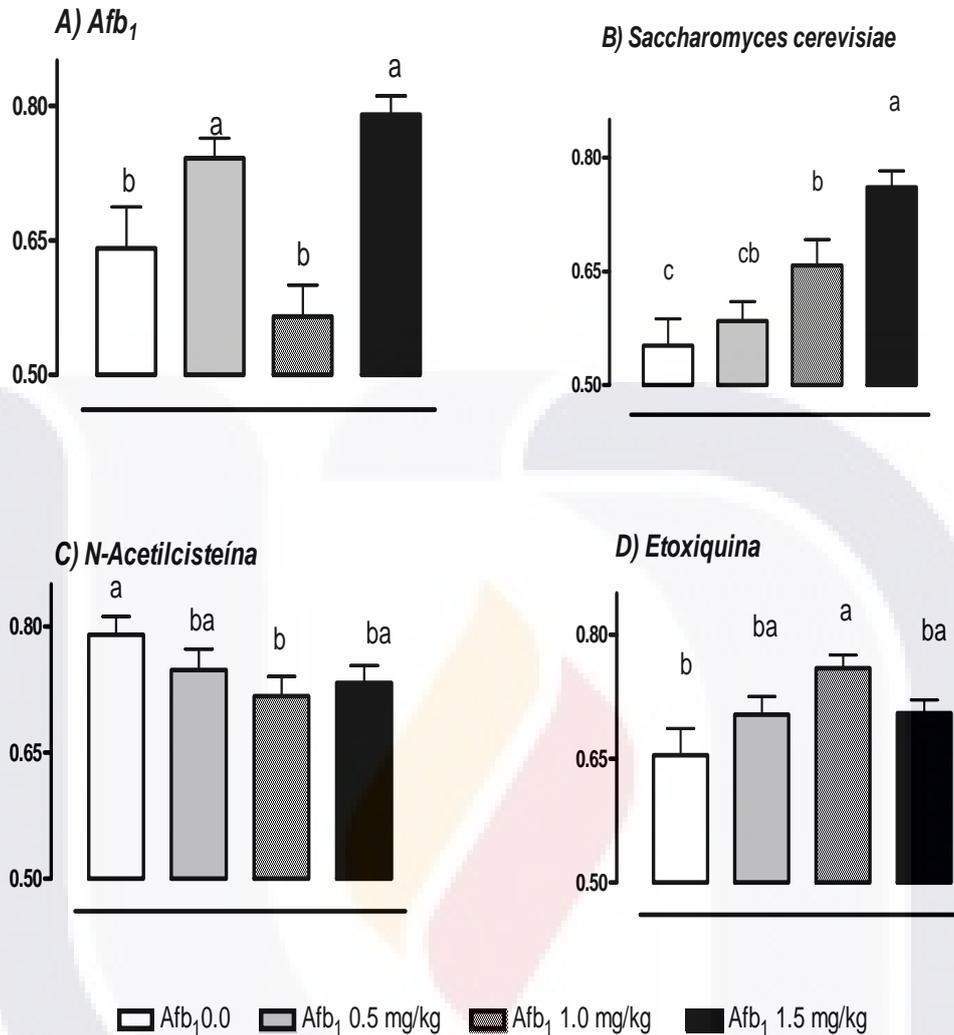
5.2.5 Producción gallina día real

Los resultados de la producción gallina día real se encuentran resumidos en la tabla 22. Mientras que en la figura 18, observamos diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ). En el panel A, se observa que al adicionar la AFs en los cuatro niveles el tratamiento control muestra una tendencia negativa caracterizándose por un porcentaje menor en la producción, esta misma tendencia se observa al adicionar la AFs en dosis de 1.0 mg/kg de alimento ( $T_9$ ). Por otra parte, tanto la adición de 0.5 ( $T_5$ ) como de 1.5 ( $T_{13}$ ) mg/kg de alimento de AFs, mostraron una tendencia positiva con un aumento en el porcentaje de producción de las aves. El panel B, podemos observar una disminución en el porcentaje de la producción de huevo en el tratamiento al cual fue adicionado el SC. ( $T_2$ ) Mientras que en el  $T_{14}$  (SC+ AFs 1.5 mg/kg de alimento) se observo un aumento en el porcentaje de la producción ( $P < 0.05$ ). En el panel C, aun cuando se observaron diferencias numéricas entre el  $T_3$  (NAC solo) y el  $T_{11}$  (NAC+AFs 1.0 mg/kg de alimento), estas diferencias no fueron significativas ( $P > 0.05$ ). En el panel D, se puede observar que el porcentaje de producción muestra un aumento en el  $T_{12}$  (EQ+AFs 1.0 mg/kg de alimento), en comparación con el  $T_4$  (EQ + AFs 0.0) ( $P < 0.05$ ).

**Tabla No. 22** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC y EQ, sobre la producción gallina día de gallinas de postura, en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control								
Negativo	0.641 $\pm$	0.0462 <sup>b/a</sup>	0.74	0.0221 <sup>c/c</sup>	0.57	0.035 <sup>a/a</sup>	0.79	0.021 <sup>b/a</sup>
SC 4 g	0.552 $\pm$	0.0354 <sup>a/b</sup>	0.58	0.0255 <sup>cb/b</sup>	0.66	0.0339 <sup>ba/a</sup>	0.76	0.0217 <sup>ba/ba</sup>
NAC 800 mg	0.79 $\pm$	0.0217 <sup>b/b</sup>	0.75	0.0246 <sup>b/a</sup>	0.72	0.0233 <sup>b/b</sup>	0.73	0.0203 <sup>a/ba</sup>
EQ 500 mg	0.654 $\pm$	0.0326 <sup>a/b</sup>	0.70	0.0223 <sup>a/a</sup>	0.76	0.016 <sup>ba/b</sup>	0.71	0.016 <sup>ba/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 18** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), NAC (Panel C) y EQ (Panel D), sobre la producción gallina día, en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de producción de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.2.6. Eficiencia alimentaria

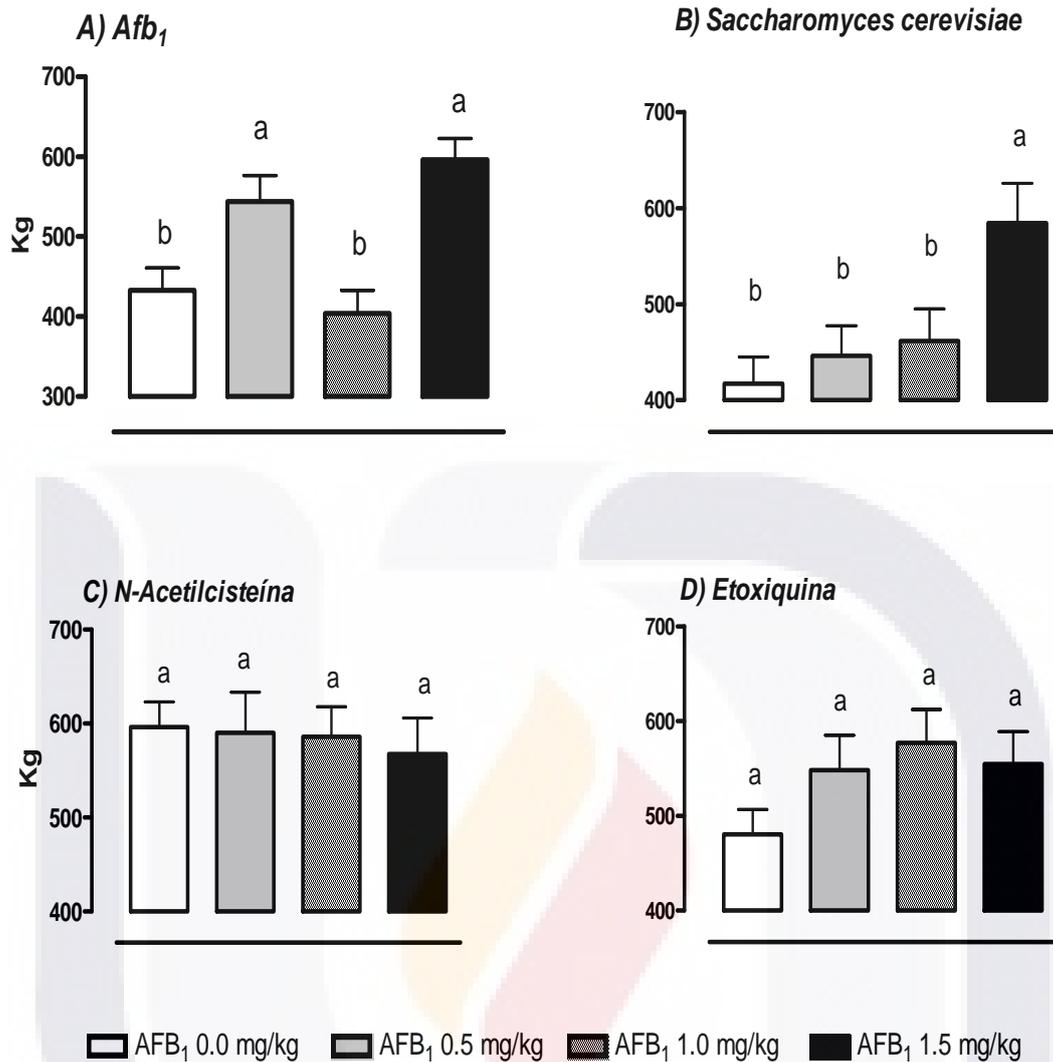
Los valores obtenidos de la eficiencia alimentaria se engloban en la tabla 23. Donde se puede observar en la figura 19 se observan diferencias significativas entre los tratamientos control (Panel A) y tratamiento con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B). En el panel A, se observa que tanto en el tratamiento

control, como en el tratamiento AFs1.0 mg/kg de alimento se presento una disminución en los kg huevo producido por tonelada de alimento consumido. Mientras que, en los tratamientos AFs 0.5 y 1.5 mg/kg de alimento se puede apreciar un aumento en la producción con respecto al control. En el panel B, se puede observar que el tratamiento de SC produjo un efecto negativo sobre la eficiencia alimentaria en las aves. Mientras que, en las aves del tratamiento SC + los tres niveles AFs presentaron un aumento en el valor de la producción. Por otra parte, los tratamientos NAC y EQ no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de su grupo ( $P>0.05$ ). Sin embargo, con respecto al tratamiento control de cada uno de estos grupos de tratamientos fue posible observar que las aves mostraron un comportamiento homogéneo con un rango de producción de 567.48 a 596.092 kg/ton de alimento para el tratamiento NAC y de 480.304 a 577.196 kg/ton de alimento para el grupo de EQ.

**Tabla No. 23** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC y EQ, sobre eficiencia alimentaria en gallinas de postura en el primer periodo de 17 semanas de producción (23 a 39 de edad) (Media  $\pm$  EE).

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control								
Negativo	432.898 $\pm$	28.21 <sup>b/a</sup>	544.044 $\pm$	32.398 <sup>a/ba</sup>	403.935 $\pm$	28.91 <sup>b/c</sup>	596 $\pm$	26.902 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	417.204 $\pm$	27.571 <sup>b/b</sup>	446.36 $\pm$	30.925 <sup>b/b</sup>	461.614 $\pm$	33.497 <sup>b/b</sup>	584.405 $\pm$	41.184 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	596.092 $\pm$	26.902 <sup>a/b</sup>	589.754 $\pm$	43.562 <sup>a/a</sup>	585.654 $\pm$	32.049 <sup>a/ba</sup>	567.484 $\pm$	38.096 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	480.304 $\pm$	26.323 <sup>a/b</sup>	548.193 $\pm$	36.6774 <sup>a/ba</sup>	577.196 $\pm$	34.771 <sup>a/a</sup>	554.504 $\pm$	34.122 <sup>a/ba</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 19** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento) (Panel A) y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), NAC (Panel C) y EQ (Panel D), sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Line W36 durante el primer periodo de la semana 23 a la 39. Las barras representan la media y el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.3 Resultados periodo dos

#### 5.3.1 parámetros de calidad de huevo

Segundo periodo de 17 semanas de producción (semana 40 a la semana 56 de edad de las aves) Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) mediante el procedimiento para modelos lineales generales (GLM) del software de *Statistical Analysis System*, versión 8.01, (*SAS Institute*, 2000),

siguiendo un diseño experimental completamente al azar, de acuerdo a lo señalado por Snedecor y Cochran (1967).

### 5.3.1.1. Unidades Haugh

Los Resultados correspondientes a la media y el error estándar de la medición de cinco huevos semanales por tratamiento se muestran en la tabla No.24.

**Tabla No. 24** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Calidad de huevo expresado en unidades Haugh, En un periodo de 17 semanas de producción (semanas 40-56) (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	95.541±	0.8288 <sup>a/a</sup>	94.3411±	0.852 <sup>a/a</sup>	94.694±	1.3 <sup>a/a</sup>	93.258±	0.0323 <sup>a/b</sup>
SC 4 g	95.653±	0.565 <sup>a/a</sup>	93.564±	1.272 <sup>a/a</sup>	93.917±	1.417 <sup>a/a</sup>	96.094±	0.7247 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	96.011±	0.446 <sup>a/a</sup>	93.188±	2.195 <sup>a/a</sup>	96.211±	0.8433 <sup>a/a</sup>	95.576±	0.5127 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	95.5647±	0.827 <sup>a/a</sup>	96.886±	0.7227 <sup>a/a</sup>	94.105±	0.818 <sup>a/a</sup>	94.764±	0.528 <sup>a/ba</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

Durante este segundo periodo no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) para ninguno de los grupos de tratamientos estudiados, así encontramos que el rango para este dato se localizo entre las 93.058 y 96.886 UH clasificándose este huevo como de excelente calidad.

### 5.3.1.2 Diámetro polar y ecuatorial

#### 5.3.1.2.1 Diámetro polar

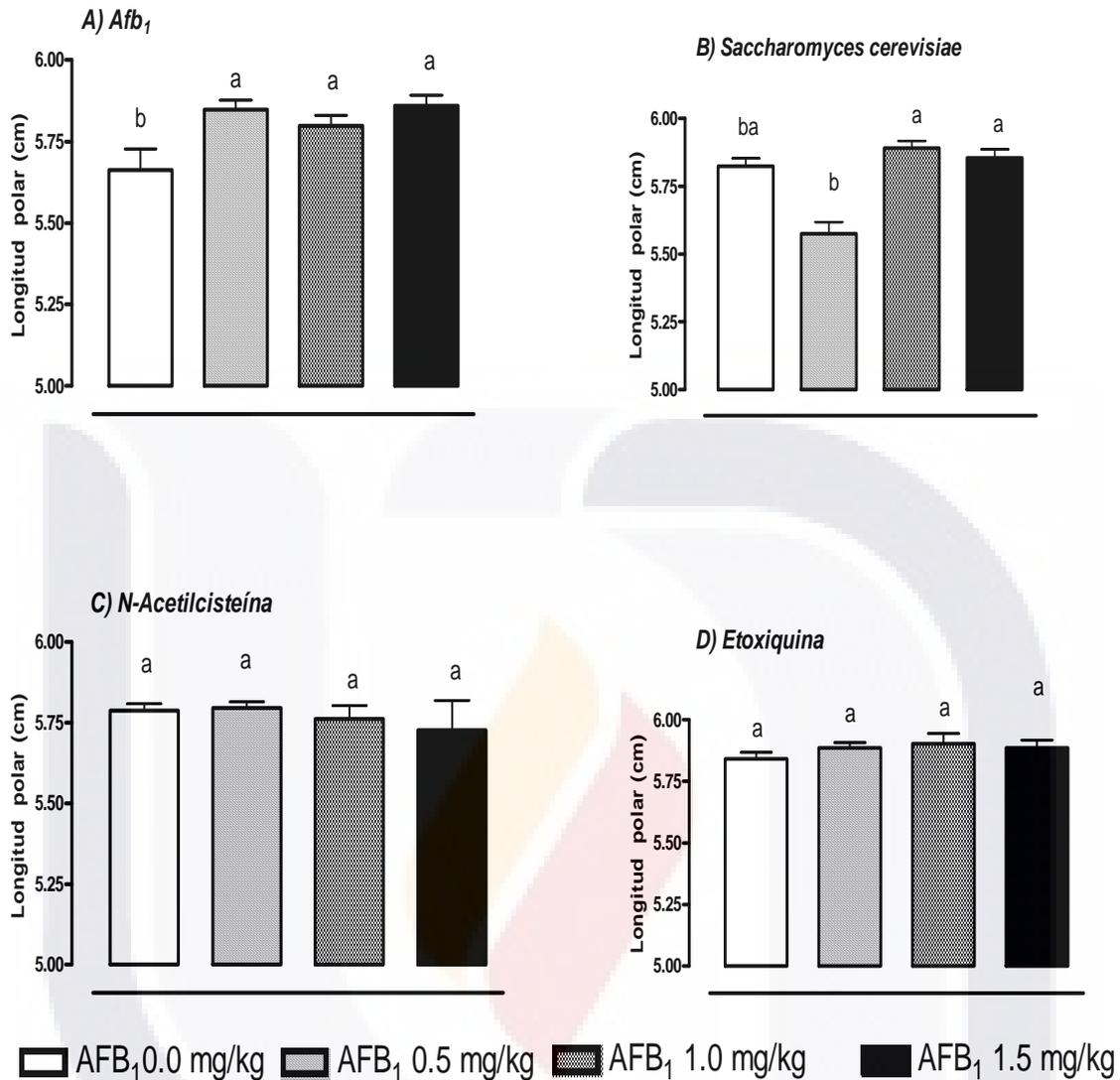
Durante este periodo experimental en contraste con el primer periodo se encontraron diferencia estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en el grupo de tratamiento que no recibió ningún quimioprotector, los valores obtenidos para esta variable se muestran en la tabla No.25.

**Tabla No. 25** Promedio del Diámetro Polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ .En un periodo de 17 semanas de producción (semanas 40-56) (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	5.716±	0.0653 <sup>b/b</sup>	5.848±	0.0296 <sup>a/a</sup>	5.798±	0.0322 <sup>b/bc</sup>	5.86±	0.03231 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	5.824±	0.0291 <sup>ba/a</sup>	5.575±	0.0437 <sup>b/b</sup>	5.89±	0.0266 <sup>a/ba</sup>	5.854±	0.0327 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	5.788±	0.0207 <sup>a/a</sup>	5.796±	0.019 <sup>a/ba</sup>	5.762±	0.0404 <sup>a/c</sup>	5.7268±	0.0918 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	5.842±	0.025 <sup>a/a</sup>	5.886±	0.0219 <sup>a/a</sup>	5.903±	0.042 <sup>a/a</sup>	5.886±	0.0319 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

La figura No.20 En el panel A muestra que los huevos del tratamiento control (T<sub>1</sub>) son mas pequeños que los huevos a los que se les adiciono la aflatoxina en sus tres concentraciones ( 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento), sin embargo esta diferencia es minima (0.144mm entre los huevos del tratamiento T<sub>1</sub> y los huevos T<sub>13</sub> (1.5 mg/kg de AFs).por otro lado, el panel B muestra diferencias estadísticamente significativas (P< 0.05) entre las aves a las que se les administro el T<sub>6</sub> (SC+ AFs 0.5 mg/kg de alimento) donde los huevos de estas aves tuvieron menor tamaño que el resto de los tratamientos incluidos en este grupo. Los paneles C y D muestran que los grupos de tratamientos a los cuales se les adiciono NAC y EQ con todas las concentraciones de AFs (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento) no presentan diferencias estadísticamente significativas (P>0.05) en ambos grupos de tratamiento el tamaño de huevo fue uniforme para cada una de las interacciones de la AFs y el quimioprotector.



**Figura No. 20** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5. mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N* acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la longitud polar medida en centímetros del huevo de aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.3.1.2.2 Diámetro ecuatorial

Al igual que con el diámetro polar durante este segundo periodo se observan diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) tanto en el grupo de tratamiento de AFs, como en el grupo de tratamiento adicionado con SC.

Los resultados obtenidos durante este segundo periodo se muestran en la tabla

No.26.

**Tabla No. 26** Promedio del Diámetro Ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, En un periodo de 17 semanas de producción (semanas 40-56) (Media ± EE)

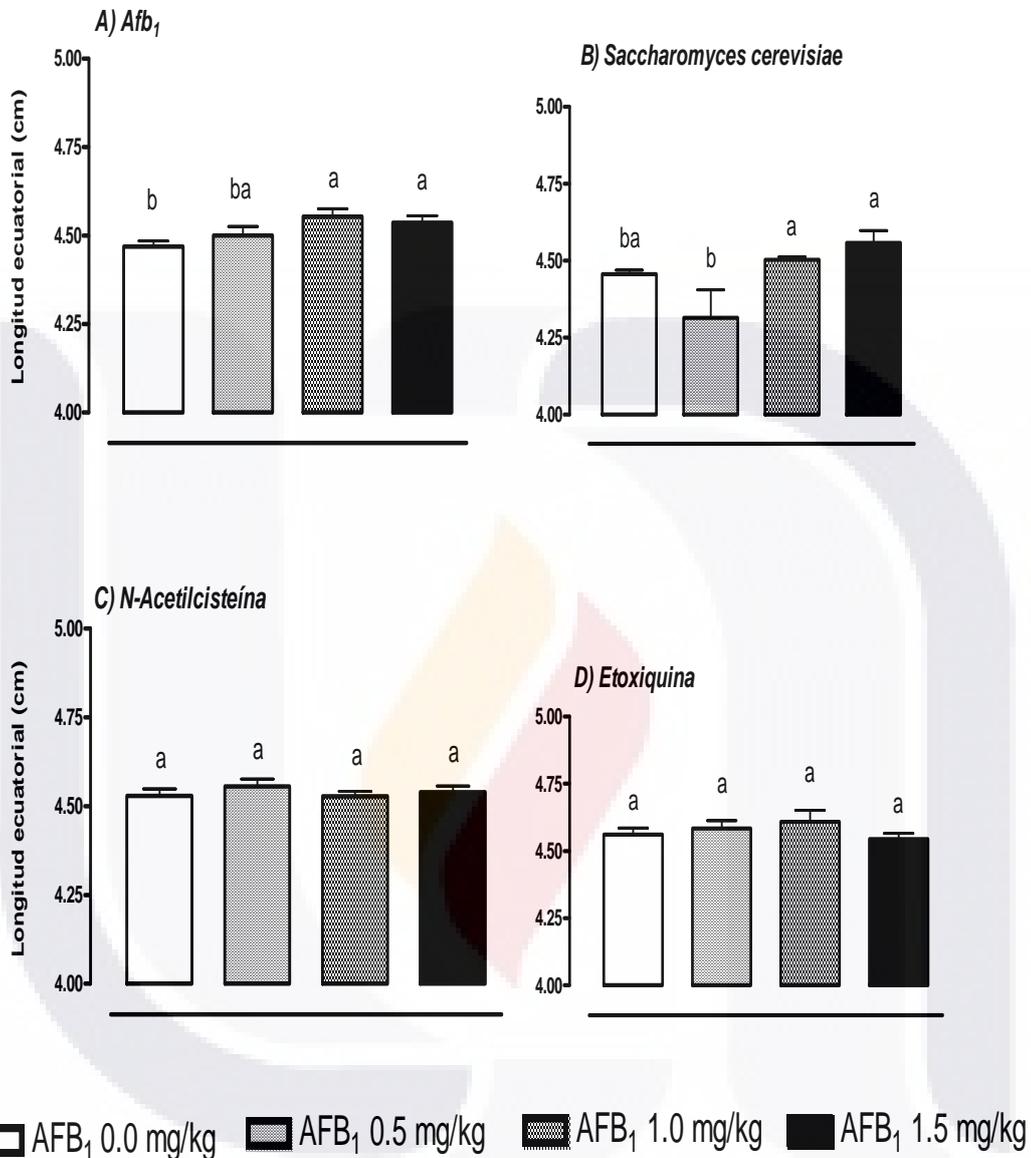
	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control	4.469±	0.0159 <sup>b/b</sup>	4.4998±	0.0261 <sup>ba/a</sup>	4.553±	0.0224 <sup>a/ba</sup>	4.536±	0.0195 <sup>a/a</sup>
Negativo	4.456±	0.0136 <sup>ba/b</sup>	4.315±	0.09 <sup>b/b</sup>	4.502±	0.0102 <sup>a/b</sup>	4.557±	0.0412 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	4.5281±	0.02 <sup>a/a</sup>	4.555±	0.02144 <sup>a/a</sup>	4.528±	0.0128 <sup>a/b</sup>	4.539±	0.017 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	4.562±	0.0235 <sup>a/a</sup>	4.585±	0.0283 <sup>a/a</sup>	4.608±	0.043 <sup>a/a</sup>	4.544±	0.0219 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg								

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

La figura No.21 en el panel A muestra que los huevos del tratamiento control (T<sub>1</sub>) fueron mas pequeños en comparación a los tratamientos adicionado con los distintos niveles de AFs (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento), así encontramos que mientras en el tratamiento control (T<sub>1</sub>) el diámetro ecuatorial del huevo fue de 4.469 cm mientras que para el tratamiento adicionado con AFs a razón de 1.5 mg/kg de alimento.

(T<sub>13</sub>) el promedio del diámetro observado fue de 4.536 y la diferencia entre estos dos fue de 0.084mm. Por otra lado en el panel B, se puede observar que las aves que se alimentaron con el T<sub>6</sub> (SC+AFs 0.5 mg/kg de alimento) pusieron huevos de menor tamaño comparados contra el resto de los tratamientos incluidos en este grupo. Por otro lado tanto el panel como el D, donde se adicionaron NAC y EQ se puede observar que la producción de huevos fue homogénea sin diferencia de tamaños independientemente de la adición de la AFs en cualquiera de sus concentraciones (0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento).

Es de interés señalar que aun cuando en los grupos donde existen diferencias entre los tratamientos el tamaño del huevo se encuentra dentro de lo que se considera un huevo normal guardando la proporción de 3 a 4 y se observo el cascaron normal integro y limpio.



**Figura No. 21** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la longitud ecuatorial medida en centímetros del huevo de aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

5.4 parámetros productivos

5.4.1 promedio semanal de huevo por ave

La producción diaria se colecto y registro, se obtuvo el promedio y el error estándar para cada uno de los tratamientos, estos datos se resumen en la tabla No.27.

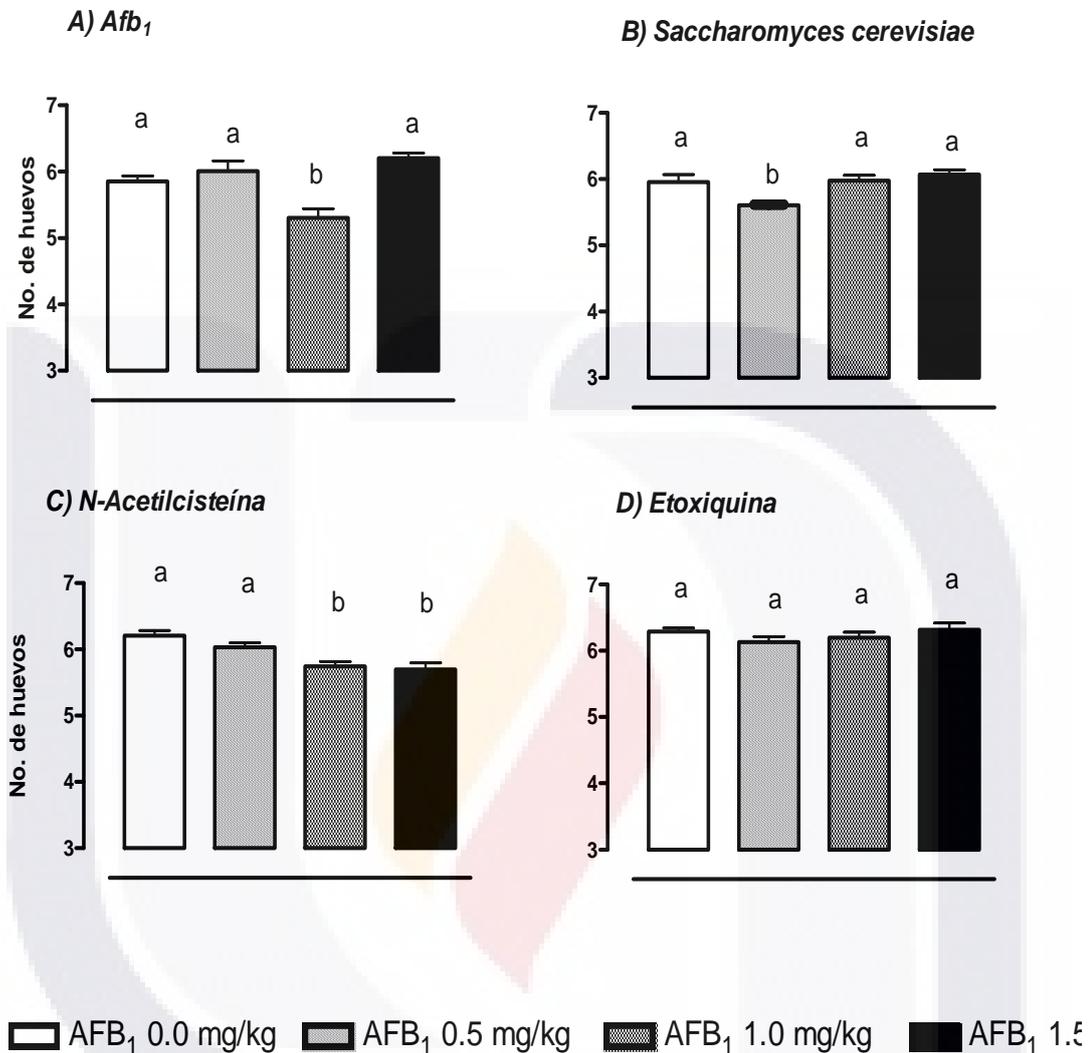
**Tabla No. 27** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control	5.854±	0.0801 <sup>a/b</sup>	6.008±	0.158 <sup>a/a</sup>	5.305±	0.138 <sup>b/c</sup>	6.204±	0.079 <sup>a/a</sup>
Negativo								
SC 4 g	5.955±	0.1137 <sup>a/b</sup>	5.604±	0.0124 <sup>b/b</sup>	5.975±	0.0841 <sup>a/b</sup>	6.066±	0.0724 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	6.204±	0.0798 <sup>a/a</sup>	6.03±	0.0687 <sup>a/a</sup>	5.744±	0.0677 <sup>b/ba</sup>	5.698±	0.097 <sup>b/b</sup>
EQ 500 mg	6.288±	0.0535 <sup>a/a</sup>	6.127±	0.0849 <sup>a/a</sup>	6.193±	0.085 <sup>a/a</sup>	6.317±	0.101 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

Durante este periodo experimental se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ), La figura No.22 en el panel A muestra que el T<sub>9</sub> (AFs 1.0 mg/kg de alimento), el numero de huevos por ave es menor en comparación con el tratamiento control (T<sub>1</sub>) como T<sub>5</sub> y T<sub>13</sub> (AFs 0.5 y 1.5 mg/kg de alimento respectivamente). Por otro lado el panel B muestra que en el T<sub>6</sub> (SC + AFs0.5 mg/ kg de alimento) el numero de huevos por ave disminuye en comparación con los tratamientos incluidos dentro de este mismo grupo. En esta misma figura en el panel C, se observo que el grupo de tratamientos al que se le administro NAC mostró una tendencia a disminuir el numero de huevos conforme la concentración de AFs aumento efecto que se puede atribuir a la toxina en el alimento. Por otro lado se observa que en el Panel D al administrar EQ, las aves incluidas dentro de este grupo de tratamiento mostraron una producción semanal de huevo sin diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), también es posible apreciar que aunado a la producción constante en

todos los tratamientos este grupo es el que produjo mayor numero de huevos por ave.



**Figura No. 22** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N* acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción semanal de huevo por ave en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.4.2 Peso del Huevo

El peso del huevo durante el periodo dos de investigación se puede clasificar como huevo extra grande según la NMX-FF-079-SCFI-2004 con mas de 64g

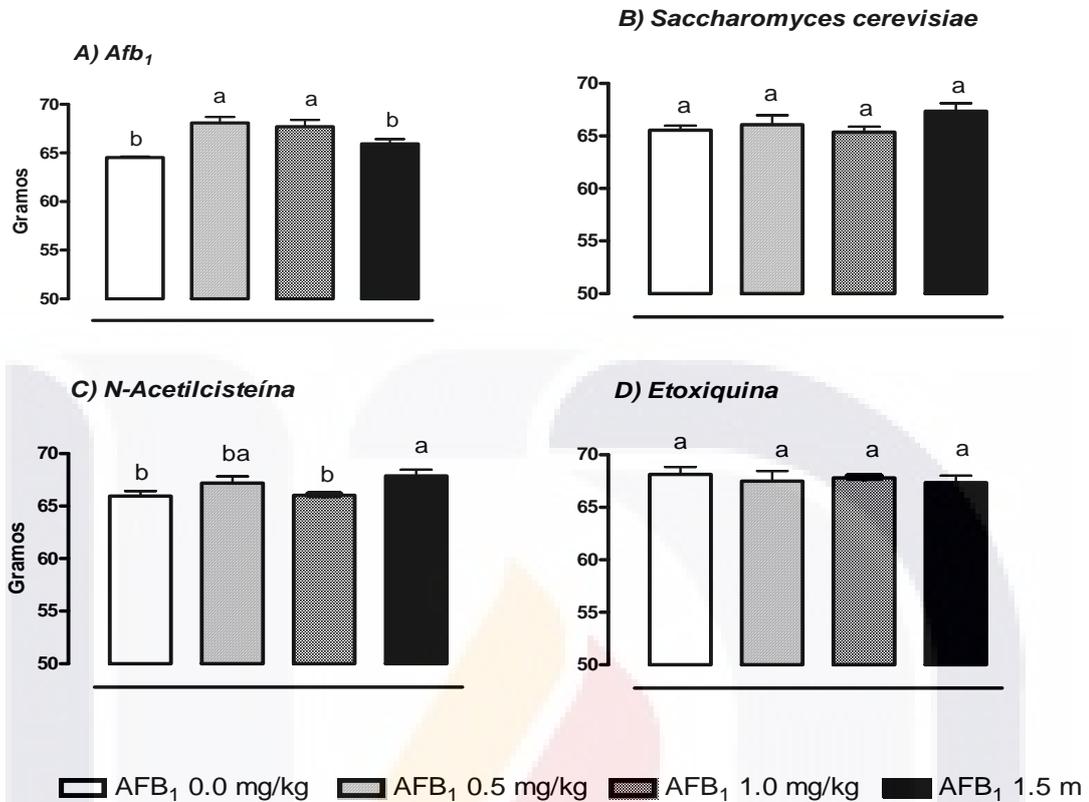
por unidad, el promedio del peso del huevo por tratamiento se resumen en la tabla No.28.

**Tabla No. 28** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Peso del huevo de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media  $\pm$  EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	64.55 $\pm$	0.08 <sup>b/b</sup>	68.081 $\pm$	0.629 <sup>a/a</sup>	67.718 $\pm$	0.673 <sup>a/a</sup>	65.946 $\pm$	0.4728 <sup>b/a</sup>
SC 4 g	65.544 $\pm$	0.421 <sup>a/b</sup>	66.069 $\pm$	0.911 <sup>a/a</sup>	65.37 $\pm$	0.503 <sup>a/b</sup>	67.36 $\pm$	0.738 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	65.956 $\pm$	0.472 <sup>b/b</sup>	67.197 $\pm$	0.6205 <sup>ba/a</sup>	66.034 $\pm$	0.0629 <sup>b/b</sup>	67.86 $\pm$	0.614 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	68.122 $\pm$	0.712 <sup>a/a</sup>	67.497 $\pm$	0.9527 <sup>a/a</sup>	67.814 $\pm$	0.085 <sup>a/a</sup>	67.36 $\pm$	0.6555 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

Durante este lapso de tiempo se observaron diferencias estadísticas en el grupo control, (T<sub>1</sub>). La figura No. 23 en el panel A, muestra que T<sub>1</sub> presenta huevos con menor peso que los huevos de T<sub>5</sub> y los de T<sub>9</sub> a los que se les adiciono la AFs a razón de 0.5 y 1.0 mg/kg respectivamente. Por otra parte se observo que los grupos de tratamientos a los que se les adiciono SC, NAC y EQ, (Paneles B, C y D respectivamente) no mostraron diferencias estadísticamente significativas.



**Figura No.23** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el peso del huevo en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.4.3 Consumo diario de alimento

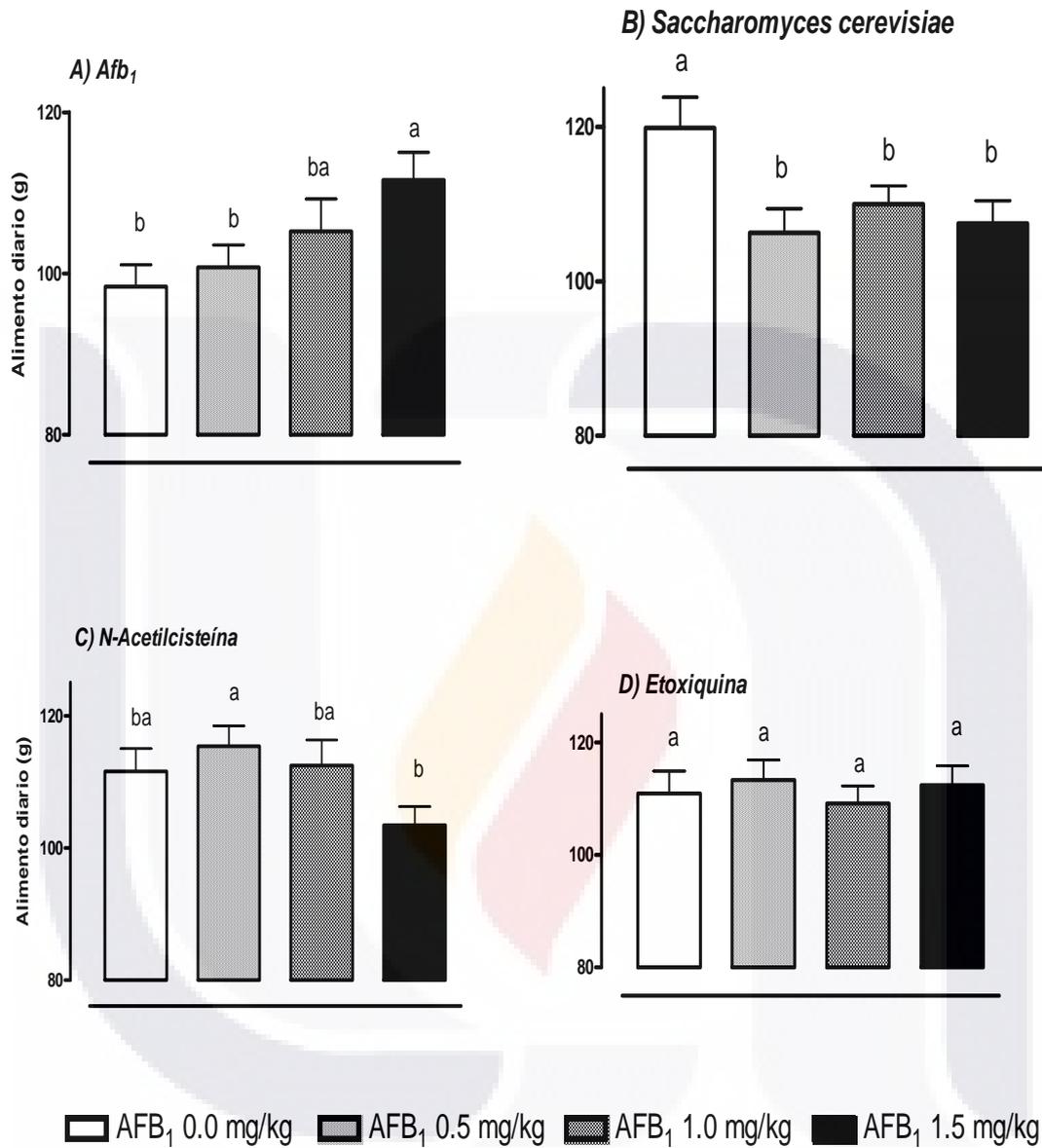
Al Adicionar AFs (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 mg/Kg. De alimento) en la dieta de gallinas de postura se observó que conforme la concentración de esta aumenta el consumo de alimento por ave también lo hace, (figura 24, panel A). En la Tabla No.29 se resume el promedio de alimento diario consumido por ave en los 16 tratamientos suministrados.

**Tabla No. 29** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Consumo de Alimento Diario En Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media  $\pm$  EE)

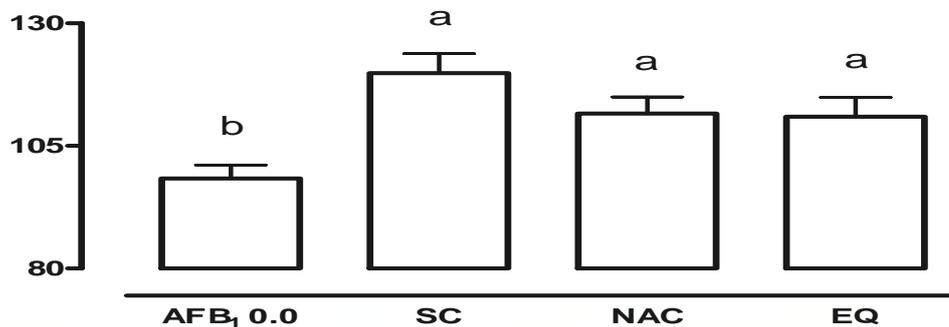
	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	<b>98.378<math>\pm</math></b>	2.691 <sup>b/b</sup>	100.78 $\pm$	2.775 <sup>b/b</sup>	105.21 $\pm$	4.029 <sup>ba/a</sup>	111.575 $\pm$	3.421 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	119.851 $\pm$	3.971 <sup>a/a</sup>	106.291 $\pm$	3.1265 <sup>b/ba</sup>	110.033 $\pm$	2.3445 <sup>b/a</sup>	107.478 $\pm$	2.981 <sup>b/a</sup>
NAC 800 mg	111.575 $\pm$	3.421 <sup>ba/a</sup>	115.39 $\pm$	3.0508 <sup>a/a</sup>	112.435 $\pm$	3.918 <sup>ba/a</sup>	103.414 $\pm$	2.876 <sup>b/a</sup>
EQ 500 mg	110.955 $\pm$	3.92 <sup>a/a</sup>	113.298 $\pm$	3.563 <sup>a/a</sup>	109.153 $\pm$	3.116 <sup>a/a</sup>	112.401 $\pm$	3.423 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

Por otro lado el panel B, se observa que al adiciona únicamente el SC (T<sub>2</sub>) las aves presentaron un consumo de alimento superior que las aves a las cuales se les suministraron las distintas dosis de AFs (0.5, 1.0, y 1.5 mg/Kg. De alimento) y SC. Por otro lado los tratamientos a los que se les suministro tanto NAC como EQ (panel C y de D) no mostraron diferencian ente cada tratamientos. Por otro lado la Figura No. 25 muestra que el consumo de alimento se vio afectado negativamente con la adición de los quimioprotectores ya que al adicionar estos en la dieta de gallinas de postura se observo que el consumo de alimento aumento en comparación con el grupo control, así se observo que en promedio las aves que consumieron los tratamientos con la adición de SC, NAC, y EQ consumieron en promedio 15.7g más de alimento que las aves alimentadas con el T<sub>1</sub>.



**Figura No.24** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N* acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el consumo diario de alimento en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).



**Figura No. 25** Efecto *Saccharomyces cerevisiae*, *N* acetilcisteína, y Etoxiquina, sobre el consumo diario de alimento en gallinas de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

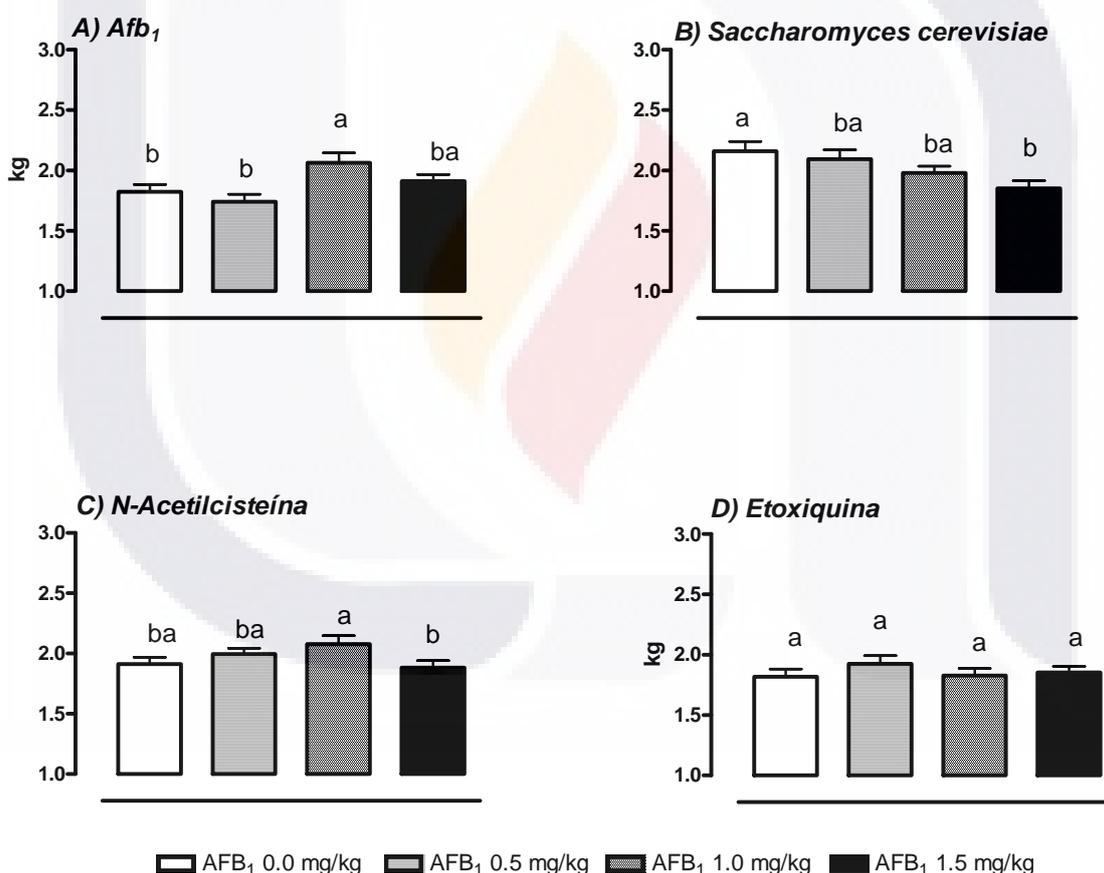
#### 5.4.4. Índice de conversión alimenticia

Durante el segundo periodo de investigación se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) dentro del grupo de tratamientos control, donde como se muestra en la figura No.26 en el panel A las aves que consumieron T<sub>9</sub> y T<sub>13</sub> (ABF<sub>1</sub> 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento respectivamente) el índice de conversión fue superior al de el tratamiento control (T<sub>1</sub>); por otra parte esta misma figura en el panel B, muestra que en las aves que consumieron el T<sub>2</sub> (SC+ AFs 0.0mg/Kg.) el índice de conversión fue superior a de las aves tratadas con el T<sub>14</sub> (SC+ AFs 1.5 mg/kg de alimento ). Por otro lado el panel C muestra que aun cuando hay diferencias entre los tratamientos estas no son estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ). Una tendencia similar se observó con la adición de EQ, el panel D muestra como en los cuatro tratamientos (T<sub>4</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>16</sub>) incluidos dentro de este grupo el índice de conversión no presentó diferencias entre ellos además que presentó similitud con el índice de conversión del tratamiento utilizado como control negativo (T<sub>1</sub>) En la Figura No.23 se observa que el índice de conversión de las aves tratadas con T<sub>2</sub> (SC+AFs 0.0 mg/Kg. De alimento) aumento comparándolo contra los tratamientos control y los adicionados con el NAC. Y la EQ respectivamente.

**Tabla No. 30** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el Índice de conversión alimenticia de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	1.824±	0.0603 <sup>b/b</sup>	1.742±	0.0599 <sup>b/b</sup>	2.064±	0.0839 <sup>a/a</sup>	1.9123±	0.0538 <sup>ba/a</sup>
SC 4 g	2.16±	0.0817 <sup>a/a</sup>	2.094±	0.0774 <sup>ba/a</sup>	1.98±	0.0554 <sup>ba/ba</sup>	1.852±	0.0637 <sup>b/a</sup>
NAC 800 mg	1.912±	0.0568 <sup>ba/b</sup>	1.995±	0.0482 <sup>ba/a</sup>	2.078±	0.0694 <sup>a/a</sup>	1.882±	0.0598 <sup>ba/a</sup>
EQ 500 mg	1.817±	0.06621 <sup>a/b</sup>	1.925±	0.0659 <sup>a/a</sup>	1.827±	0.0612 <sup>a/b</sup>	1.853±	0.0512 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 26** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con Saccharomyces cerevisiae (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el índice de conversión en gallinas de postura Hy-Linea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan (P<0.05).

### 5.4.5 Producción gallina día

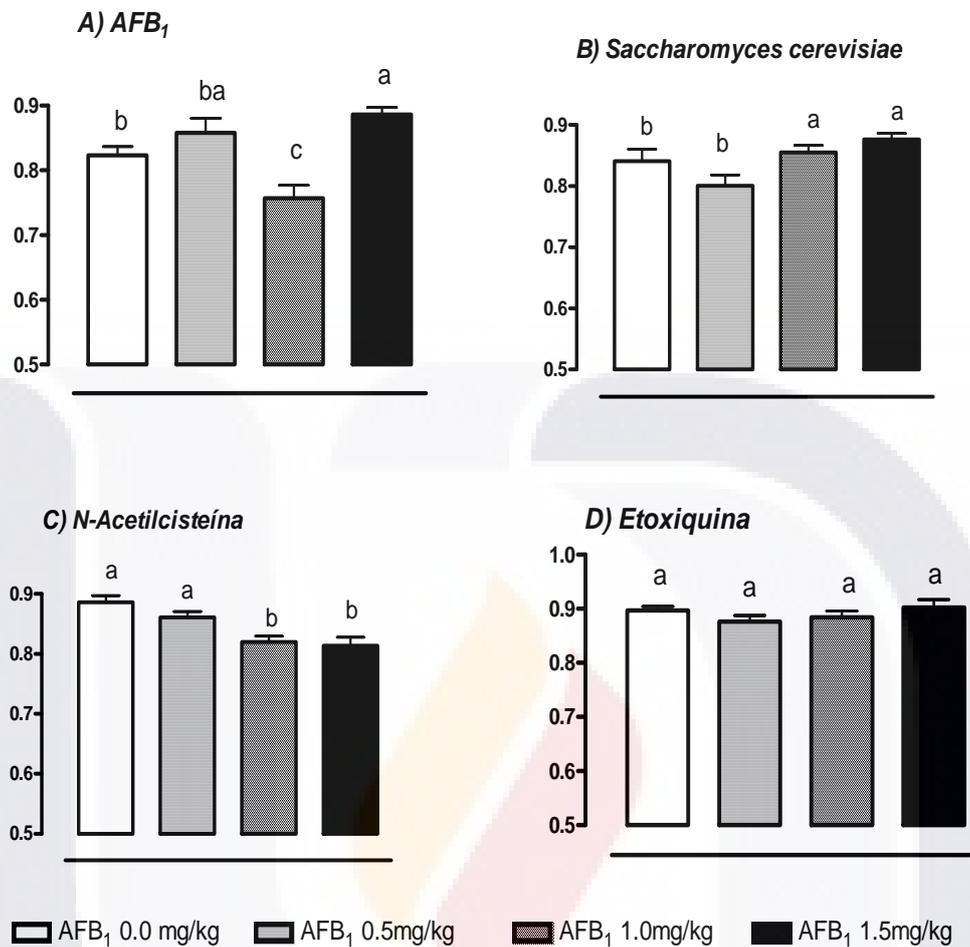
Los datos obtenidos durante este segundo periodo se muestran en la tabla No.31

**Tabla No.31** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Producción Gallina Día de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	0.823±	0.0136 <sup>b/b</sup>	0.858±	0.0224 <sup>ba/a</sup>	0.757±	0.0198 <sup>c/c</sup>	0.886±	0.0112 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	0.841±	0.0192 <sup>b/b</sup>	0.8005±	0.0179 <sup>b/b</sup>	0.855±	0.0118 <sup>a/ba</sup>	0.876±	0.0101 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	0.886±	0.0112 <sup>a/a</sup>	0.861±	0.0097 <sup>a/a</sup>	0.82±	0.0096 <sup>b/b</sup>	0.814±	0.0138 <sup>b/a</sup>
EQ 500 mg	0.897±	0.00751 <sup>a/a</sup>	0.876±	0.0119 <sup>a/a</sup>	0.884±	0.0119 <sup>a/a</sup>	0.902±	0.0149 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

La figura No.27 en el panel A muestra que cuando las aves consumieron el T<sub>9</sub> (AFs1.0mg/kg de alimento) el porcentaje de producción sufrió una disminución, sin embargo al aumentar la concentración de AFs a 1.5 mg/kg de alimento (T<sub>13</sub>) el porcentaje de producción aumento. Por otro parte en el panel B se observo que el grupo tratado únicamente con SC (T<sub>2</sub>) presento un porcentaje de producción menor que los tratamientos donde interactúo el quimioprotector con la aflatoxina a razón de 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento (T<sub>10</sub> t T<sub>14</sub>). Por otro lado en el panel C se observo que a medida que la concentración de AFs aumento el porcentaje de producción disminuyo. Por otra parte en el panel D que corresponde al grupo de aves tratadas con EQ no presento diferencias (P>0.05) entre los cuatro tratamientos incluidos en este grupo, (T<sub>4</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>16</sub>), donde se observo que el porcentaje de producción se mantuvo constante, independientemente de la concentración de AFs utilizada.



**Figura No. 27** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción gallina día en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

#### 5.4.6 Eficiencia alimentaria

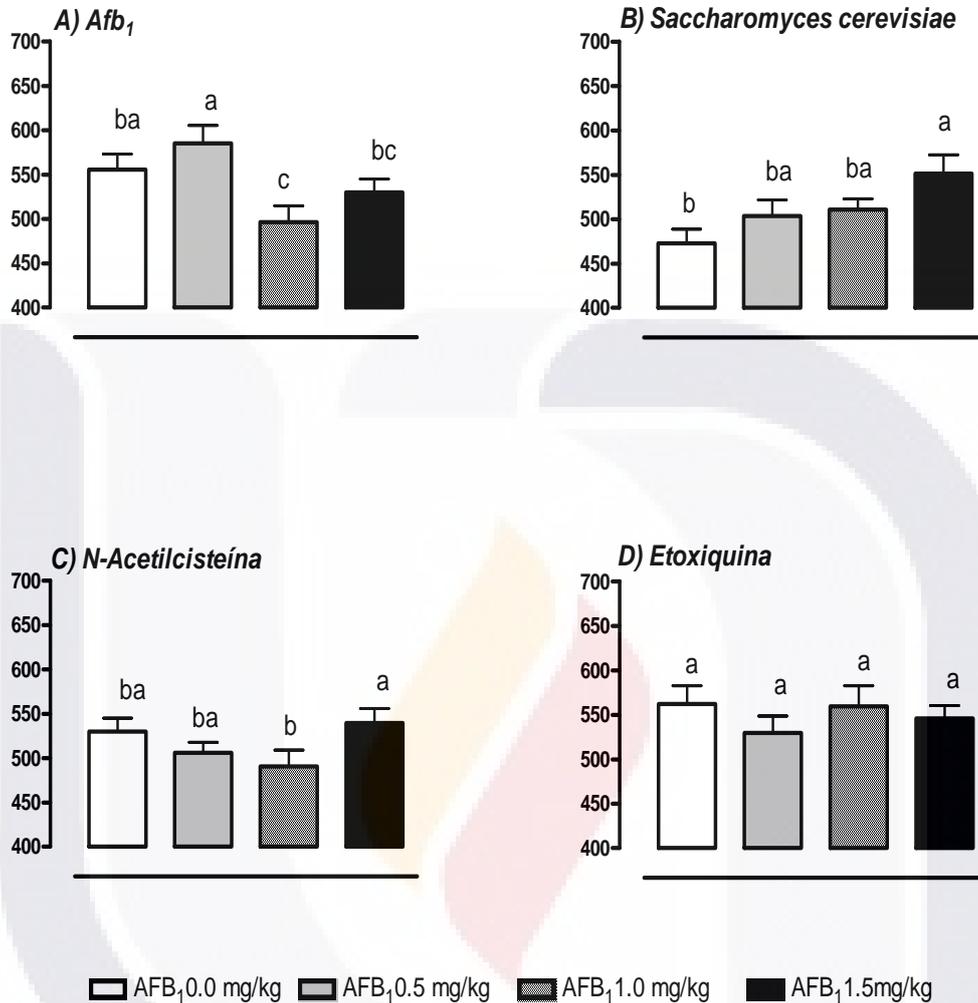
Los resultados obtenidos de esta variable se pueden observar en la tabla No.32. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el grupos de tratamientos donde no se adiciono quimioprotector, la figura No.28 en el panel A) muestra que al adicionar la AFs a razón de 1.0 mg/kg de alimento (T<sub>9</sub>) el total de kilogramos de huevo producidos por tonelada de alimento consumido

disminuyo en comparación con el T<sub>1</sub>. Por otro lado el grupo tratado con SC también presento diferencias estadísticamente significativas, en el panel B se Muestra un aumento en los kilogramos de huevo producido en el T<sub>14</sub>, (SC + la AFs 1.5mg/kg de alimento) en comparación con el tratamiento al que solamente se le adiciono el SC T<sub>2</sub>, donde la producción de huevo por tonelada de alimento fue menor con 78.83 kilogramos menos. Los grupos de tratamientos a los que se adiciono NAC y EQ no presentaron diferencia estadísticamente significativas (P>0.05) en la figura No.25 se observa que la producción en kilogramos de huevo por tonelada de alimento consumido para cada uno de estos grupos de tratamientos (paneles C y D) fue similar ente cada uno de los tratamientos contenidos en estos grupos y de la misma manera presenta similitud con el tratamiento control negativo (T<sub>1</sub>). Es de interés mencionar que esta variable contempla como aceptable la producción de 425 Kg. De huevo por tonelada de alimento consumido, y como se aprecia en la tabla No. 32 los 16 tratamientos cumplen con este valor de producción.

Tabla No. 32 Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre, Eficiencia Alimentaria en Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (40 a 56 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	555.398±	17.694 <sup>ba/a</sup>	585.063±	20.492 <sup>b/a</sup>	496.218±	18.542 <sup>ba/b</sup>	529.953±	14.828 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	472.521±	16.162 <sup>a/b</sup>	503.48±	18.075 <sup>ba/b</sup>	510.6±	12.399 <sup>ba/ba</sup>	551.351±	20.952 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	529.953±	14.828 <sup>c/a</sup>	505.877±	12.175 <sup>ba/b</sup>	490.717±	18.206 <sup>b/b</sup>	539.641±	16.24 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	562.009±	20.62b <sup>c/a</sup>	529.605±	18.998 <sup>a/b</sup>	559.281±	23.476 <sup>a/a</sup>	546.0135±	14.37 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No.28** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N acetilcisteína* (Panel C), y *Etoxiquina* (Panel D) sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Line W36 durante el periodo que abarca de la semana 40 a la 56. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P<0.05$ ).

### 5.5 Resultados tercer periodo

El tiempo comprendido para este tercer periodo corresponde al transcurrido entre la semana 57 a 73 de edad de las aves que es equivalente a 119 días en producción, Los promedios de las variables analizadas se presentan a continuación.

5.5.1 Parámetros de calidad de huevo

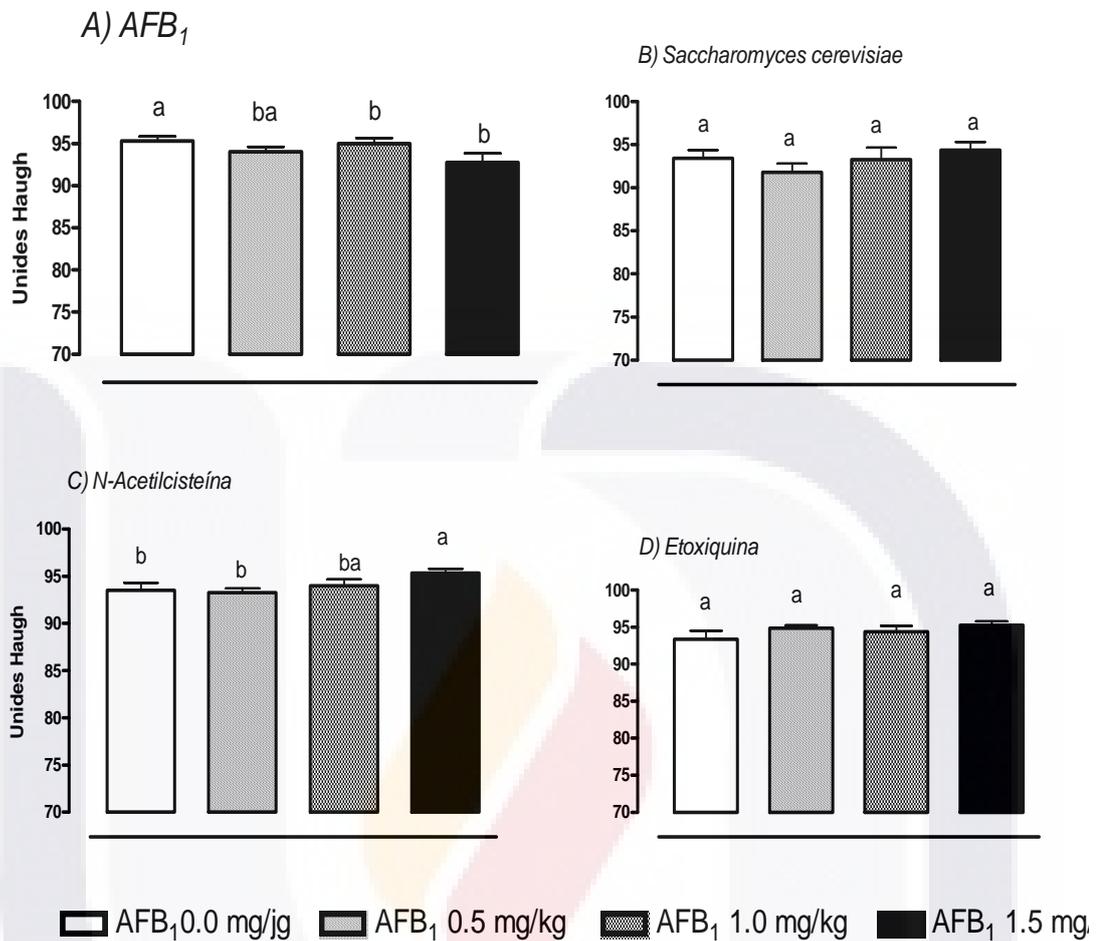
5.5.1.1 Unidades Haugh

Al realizar el análisis de los datos colectados para esta variable se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas en los grupos de tratamiento que se evaluaron en este ensayo. Los 16 tratamientos presentaron uniformidad en el tamaño de la albúmina además de que esta se apareció con una consistencia firme y con un color transparente y limpio., una vez mas se observa que la calidad el huevo según el índice de unidades Haugh lo clasifica como huevo de excelente calidad ya que los valores que se resumen dentro de la tabla No.33 muestran que en todos los tratamientos las unidades Haugh son mayores a 90 (Figura No. 29).

**Tabla No. 33** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Calidad de huevo expresado en unidades Haugh, En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	95.322±	0.5326 <sup>a/a</sup>	94.044±	0.569 <sup>ba/a</sup>	94.977±	0.689 <sup>b/a</sup>	92.733±	1.075 <sup>b/b</sup>
SC 4 g	93.422±	0.952 <sup>a/a</sup>	91.811±	1.027 <sup>a/b</sup>	93.255±	1.399 <sup>a/a</sup>	94.388±	0.9308 <sup>a/ba</sup>
NAC 800 mg	93.522±	0.7771 <sup>b/a</sup>	93.244±	0.461 <sup>b/ba</sup>	93.98±	0.692 <sup>ba/a</sup>	95.344±	0.434 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	93.377±	1.137 <sup>a/a</sup>	94.866±	0.43 <sup>a/a</sup>	94.377±	0.797 <sup>a/a</sup>	95.266±	0.537 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 29** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) la calidad de huevo expresada en Unidades Haugh en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.5.1.2 Diámetro polar y ecuatorial

#### 5.5.1.2.1 Diámetro polar

Durante el tercer periodo experimental en relación a el tamaño del huevo en su longitud polar no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ), todas las aves produjeron huevos de similar tamaño, con cascarones libres de defectos. Por otro lado en lo que respecta al diámetro ecuatorial, aun

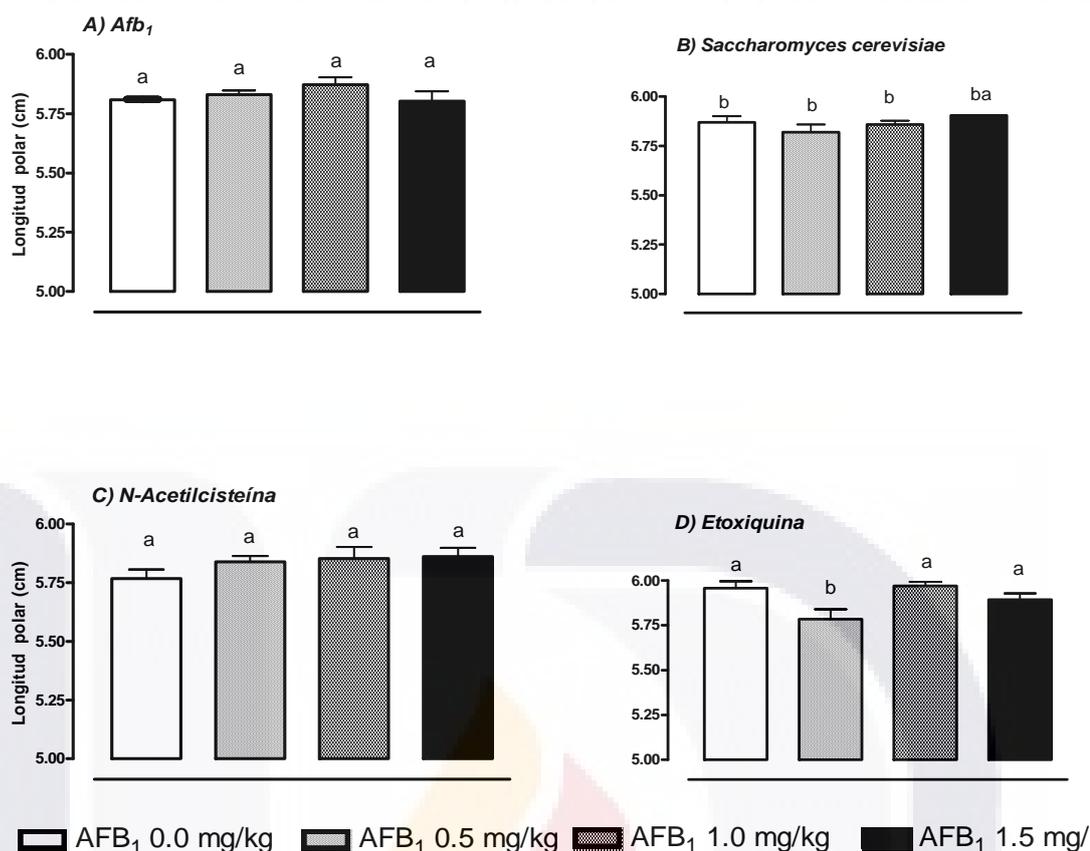
## RESULTADOS

cuando se puede ver que existen diferencias entre los grupos de tratamientos (Figuras No.30 y 31), estas diferencias no son estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ). Se observó que los huevos de los 16 tratamientos guardaron la proporción en cuanto a su diámetro polar y ecuatorial y no sobrepasan el 25% de diferencia entre ellos. Los resultados para estas variables se muestran en las tablas No.34 y 35.

**Tabla No. 34** Promedio del Diámetro Polar del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ .En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 63 de edad). (Media  $\pm$  EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	5.809 $\pm$	0.0215 <sup>a/b</sup>	5.831 $\pm$	0.0172 <sup>a/ba</sup>	5.873 $\pm$	0.031 <sup>a/b</sup>	5.803 $\pm$	0.041 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	5.87 $\pm$	0.0298 <sup>b/b</sup>	5.82 $\pm$	0.0386 <sup>b/b</sup>	5.859 $\pm$	0.019 <sup>b/b</sup>	6.004 $\pm$	0.067 <sup>ba/a</sup>
NAC 800 mg	5.768 $\pm$	0.038 <sup>a/a</sup>	5.839 $\pm$	0.0246 <sup>a/ba</sup>	5.854 $\pm$	0.0478 <sup>a/b</sup>	5.862 $\pm$	0.0372 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	5.958 $\pm$	0.0372 <sup>a/a</sup>	5.783 $\pm$	0.0542 <sup>b/a</sup>	5.97 $\pm$	0.0228 <sup>a/a</sup>	5.894 $\pm$	0.0356 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

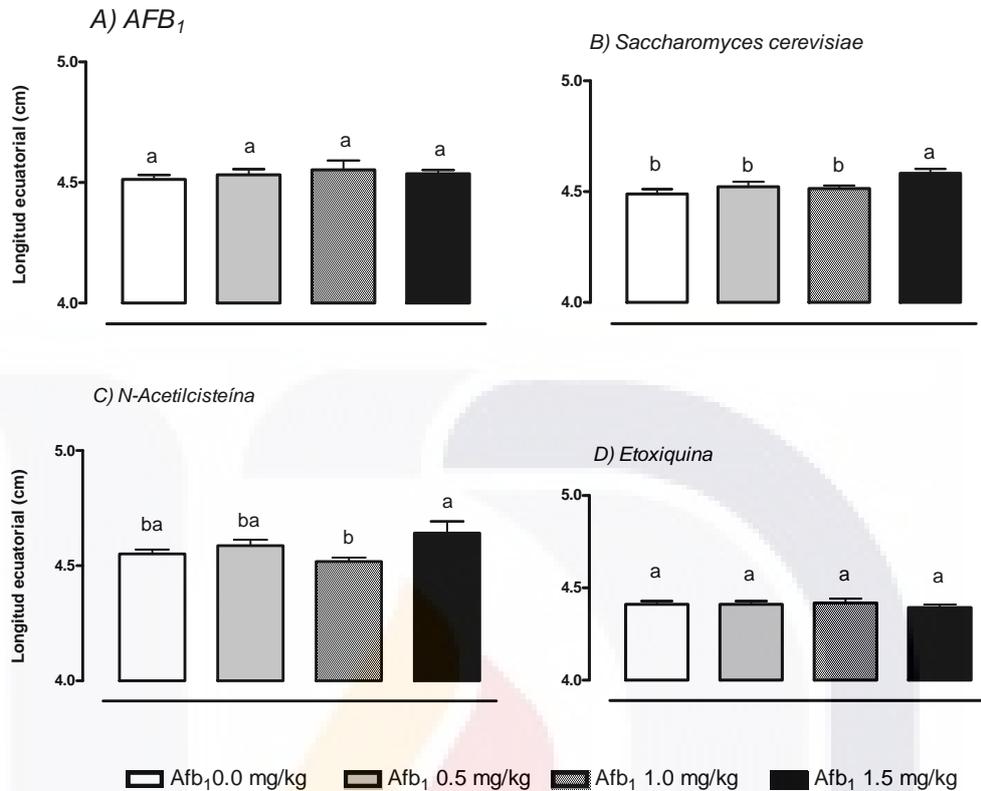


**Figura No.30** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5. mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el tamaño del huevo en su longitud polar en aves de postura Hy-Line W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

**Tabla No. 35** Promedio del Diámetro Ecuatorial del huevo de gallinas alimentadas con AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ, En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	4.513±	0.0178 <sup>a/ba</sup>	4.532±	0.0224 <sup>a/ba</sup>	4.552±	0.0386 <sup>a/b</sup>	4.536±	0.0154 <sup>a/b</sup>
SC 4 g	4.49±	0.0208 <sup>b/b</sup>	4.522±	0.0223 <sup>b/b</sup>	4.514±	0.014 <sup>b/b</sup>	4.583±	0.0193 <sup>a/ba</sup>
NAC 800 mg	4.552±	0.0178 <sup>a/a</sup>	4.587±	0.0258 <sup>a/ba</sup>	4.518±	0.0181 <sup>a/b</sup>	4.642±	0.0511 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	4.412±	0.0161 <sup>b/a</sup>	4.411±	0.017 <sup>b/a</sup>	4.418±	0.0229 <sup>b/a</sup>	4.393±	0.017a <sup>ba</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No.31** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el tamaño del huevo en su longitud ecuatorial en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 373. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

## 5.6. Parámetros productivos

### 5.6.1 Promedio de huevos por ave

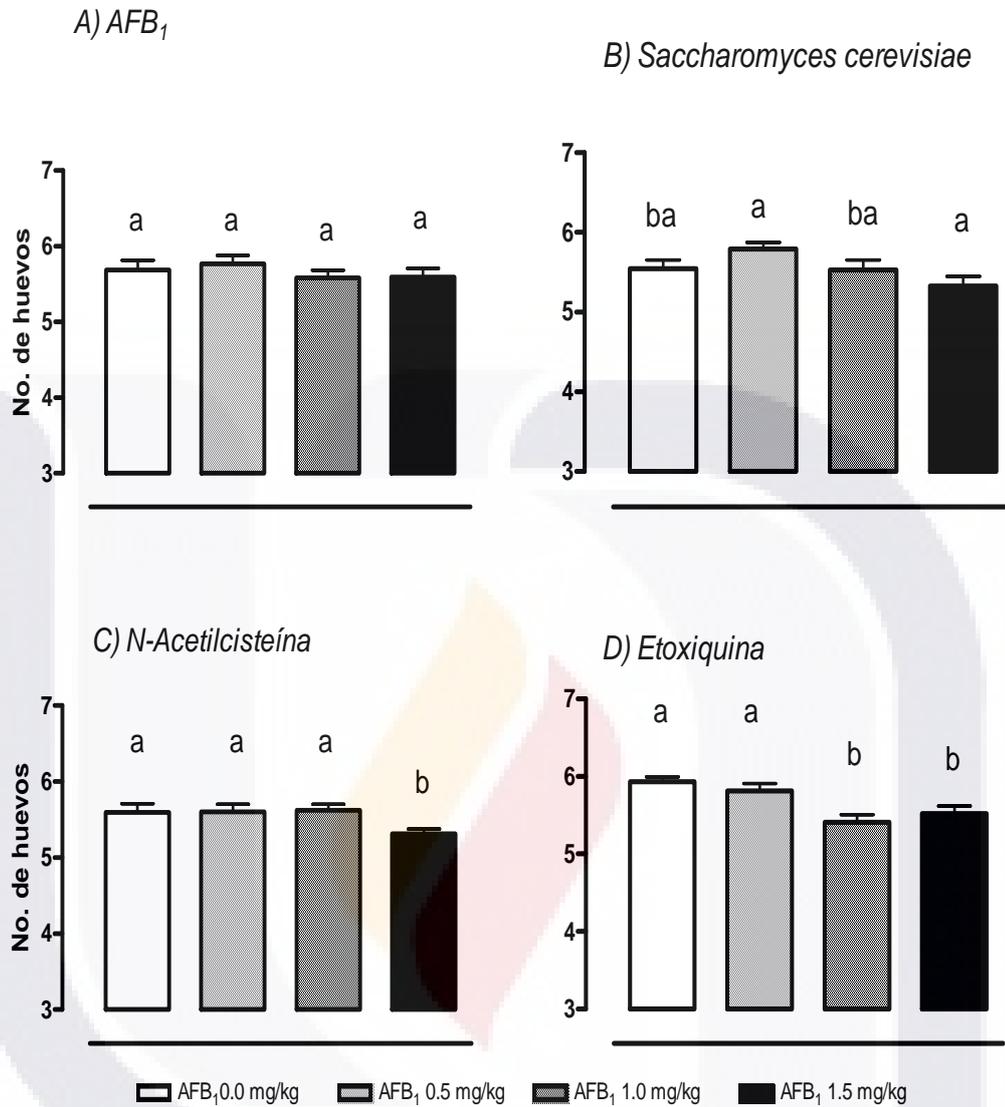
Los Resultados obtenidos de esta variable se resumen en la tabla No.36

**Tabla No. 36** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el promedio semanal de huevo por ave, en un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg de alimento							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	5.688±	0.128 <sup>a/ba</sup>	5.77±	0.11 <sup>a/a</sup>	5.585±	0.0966 <sup>a/a</sup>	5.595±	0.1141 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	5.478±	0.106 <sup>ba/b</sup>	5.792±	0.0822 <sup>a/a</sup>	5.527±	0.1251 <sup>ba/a</sup>	5.3177±	0.122 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	5.595±	0.114 <sup>a/b</sup>	5.603±	0.097 <sup>a/a</sup>	5.62±	0.081 <sup>a/a</sup>	5.312±	0.063 <sup>b/a</sup>
EQ 500 mg	5.933±	0.062 <sup>a/a</sup>	5.813±	0.0949 <sup>a/a</sup>	5.411±	0.0945 <sup>b/a</sup>	5.522±	0.0969 <sup>b/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

La figura No.32 muestra en el panel A que las aves que recibieron los tratamientos a los que solamente se les adiciono la AFs en todos sus niveles (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg/Kg. De alimento) no sufrieron bajas en la producción semanal de huevo. Por otro lado en el panel B se muestra diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) se observa que el T<sub>14</sub> (SC+ AFs 1.5 mg/kg de alimento) presento un menor numero de huevos por ave. Por otra lado en el panel C aun cuando se observaron diferencias entre los tratamientos de esta grupo estas no tienen significancia estadística ( $P > 0.05$ ). Por otra parte se observo que con la adición de EQ (Panel D) se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) así encontramos que al adicionar las concentraciones de 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento De AFs el promedio de huevos semanal por ave fue menor comparado contra los tratamientos a adicionados con EQ+ AFs 0.0 y EQ + 0.5 mg/kg de alimento (T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>).



**Figura No. 32** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el numero promedio semanal de huevos por aves en gallinas de postura Hy-Linea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.6.2 Peso del huevo

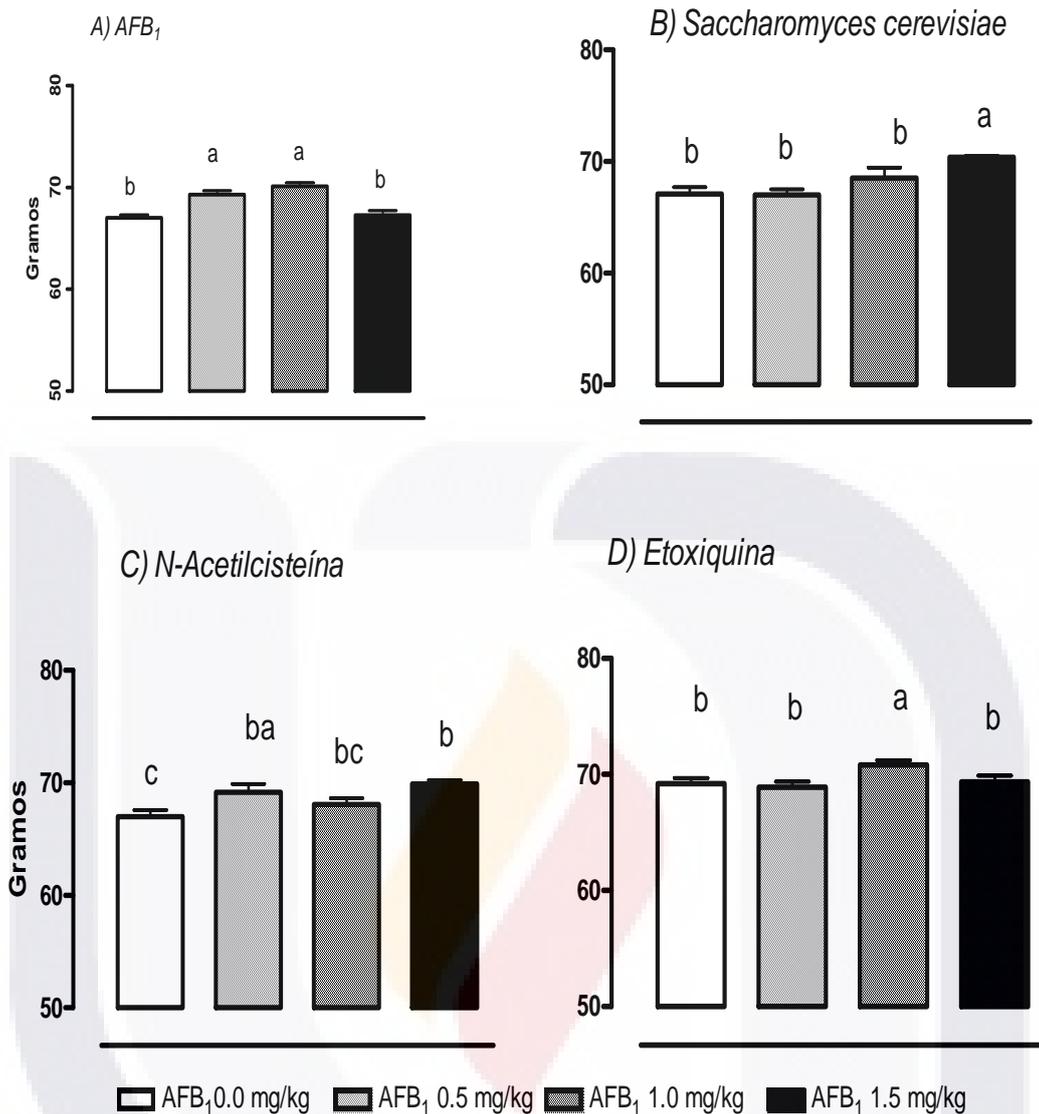
En la tabla No.37 se observa que aun cuando los tratamientos muestran diferencias estadísticas, el peso del huevo en los 16 tratamientos es superior a los 64 gramos por lo que se puede clasificar según su peso como huevo de tamaño extra grande.

**Tabla No. 37** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Peso del huevo de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 63 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control	67.016±	0.295 <sup>b/b</sup>	69.308±	0.369 <sup>a/a</sup>	70.09±	0.355 <sup>a/ba</sup>	67.291±	0.4485 <sup>b/b</sup>
Negativo								
SC 4 g	67.0988±	0.6 <sup>b/b</sup>	67.0183±	0.489 <sup>b/b</sup>	68.542±	0.909 <sup>b/bc</sup>	70.395±	0.122 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	67.017±	0.568 <sup>c/b</sup>	69.17±	0.743 <sup>ba/a</sup>	68.097±	0.5603 <sup>bc/c</sup>	69.896±	0.373 <sup>b/a</sup>
EQ 500 mg	69.21±	0.466 <sup>ab/a</sup>	68.913±	0.4523 <sup>b/a</sup>	70.812±	0.426 <sup>a/a</sup>	69.356±	0.556 <sup>b/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))

La figura No.33 en el panel A indica que se presentaron diferencias en los tratamientos control T<sub>1</sub> y T<sub>1</sub> (AFs 1.5 mg/kg de alimento) contra los tratamientos a los que se adiciono la AFs en dosis de 0.5 y 1.0 mg/kg de alimento de alimento, (T<sub>5</sub> y T<sub>9</sub>). Por otro lado el panel B muestra que el peso del huevo es superior al adiciona a la dieta de SC + AFs 1.5 mg/kg, (T<sub>14</sub>). Por otra parte el resultado obtenido en los tratamientos adicionados con NAC se muestran en el panel C, donde se aprecian diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos incluidos dentro de este grupo ya que al adicionar únicamente con Nac. (T<sub>3</sub> ) mostró una tendencia negativa con huevos de menos peso en comparación a los tratamientos donde interactúo el quimioprotector en interacción con las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento De AFs , por otro lado Se observo que al adicionar como quimioprotector a EQ con la interacción de AFs a razón de 1.5 mg/kg de alimento (T<sub>16</sub>) el peso de los huevos de las aves que consumieron esta dieta presento una tendencia positiva con huevos de mayor peso comparados contra el resto los tratamientos incluidos en este grupo. (Panel D).



**Figura No. 33** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) el peso del huevo en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

### 5.6.3 Consumo de alimento diario

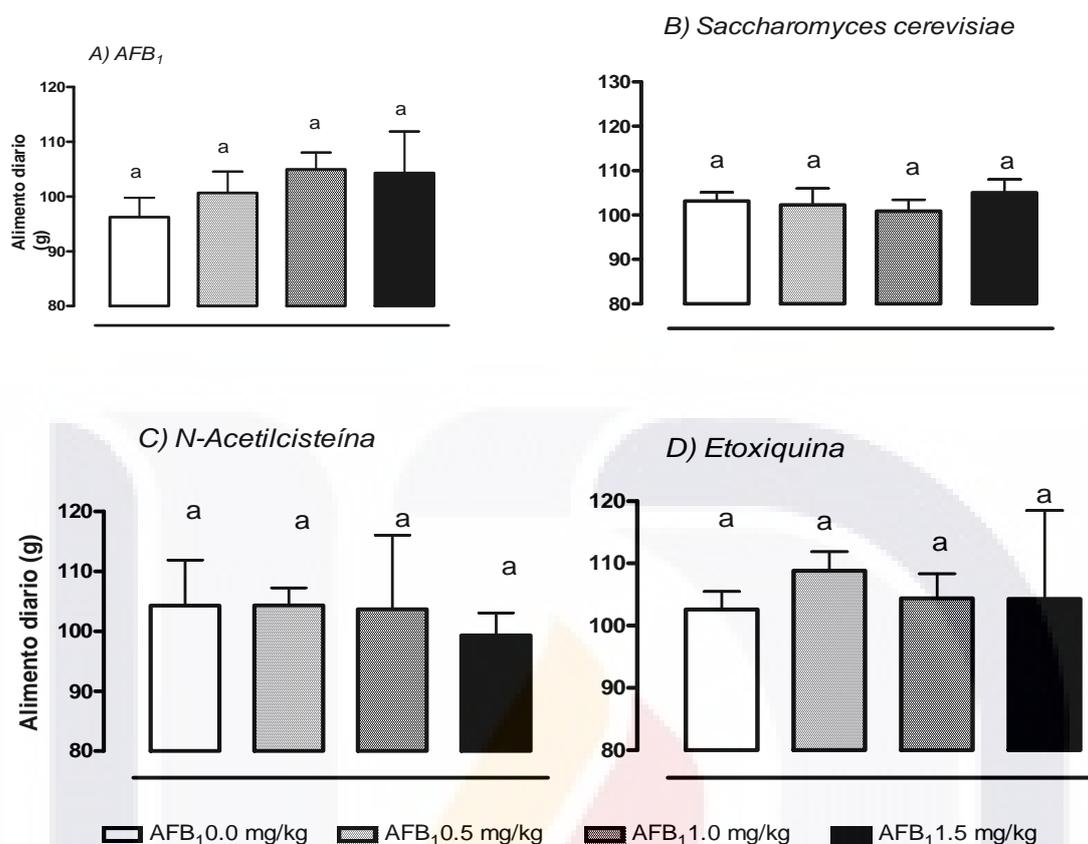
Al llegar a esta etapa de producción las aves deben consumir en promedio entre 95 y 100 gramos de alimento diariamente. Al efectuar el análisis de los datos para esta variable no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en el consumo de alimento diario por ave para ninguno

de los grupos de tratamiento objeto de esta evaluación. La figura No.34 En sus cuatro paneles indica que las aves tratadas consumieron cantidades similares de alimento. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla No.38; en esta se observa que aun cuando el consumo de alimento presento similitudes en todos los tratamientos, el tratamiento que consumió menor cantidad fue el tratamiento control T<sub>1</sub> con un consumo diario de 96.232g.

**Tabla No. 38** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Consumo de Alimento Diario En Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57a 73 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	96.232±	3.538 <sup>a/a</sup>	100.675±	3.915 <sup>a/a</sup>	104.761±	3.092 <sup>a/a</sup>	104.307±	7.592 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	103.173±	1.995 <sup>a/a</sup>	102.292±	3.712 <sup>a/a</sup>	100.881±	2.586 <sup>a/a</sup>	105±	3.0386 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	104.307±	7.592 <sup>a/a</sup>	104.364±	2.921 <sup>a/a</sup>	103.669±	12.373 <sup>a/a</sup>	99.344±	3.754 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	102.619±	2.881 <sup>a/a</sup>	108.816±	3.047 <sup>a/a</sup>	104.377±	3.9864 <sup>a/a</sup>	104.264±	14.254 <sup>a/a</sup>

*Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))*



**Figura No. 34** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre el consume de alimento diario por aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

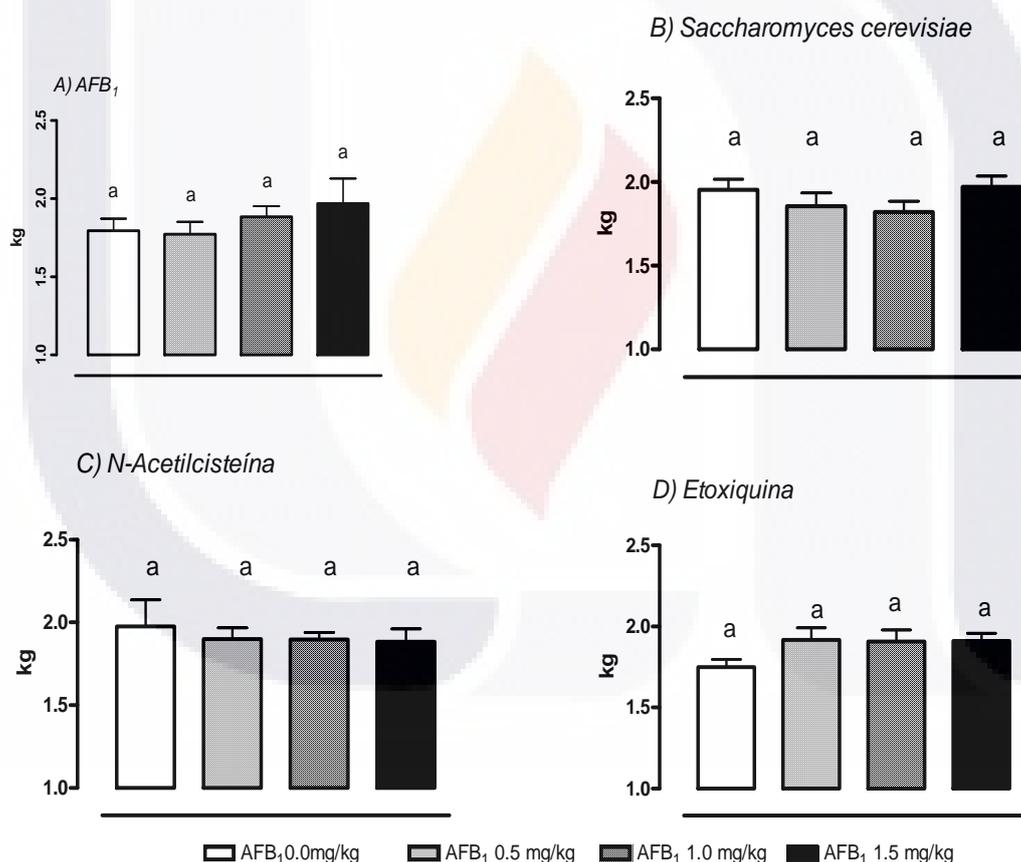
#### 5.6.4 Índice de convención alimenticia

En esta etapa de producción se busca que las aves cumplan con un Indie no mayo de 2Kg de alimento consumido por kilogramo de producción de huevo. Los resultados obtenidos en estas 17 semanas se resumen en la tabla No.39 El análisis estadístico no reveló diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los tratamientos incluidos en cada uno de los grupos analizados. Esto se puede observar gráficamente en la Figura No.35

**Tabla No. 39** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre el Índice de conversión alimenticia de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	1.7944±	0.0773 <sup>a/a</sup>	1.773±	0.0798 <sup>a/a</sup>	1.884±	0.06831 <sup>a/a</sup>	1.968±	0.161 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	1.953±	0.0647 <sup>a/a</sup>	1.8566±	0.0782 <sup>a/a</sup>	1.822±	0.0636 <sup>a/a</sup>	1.972±	0.0635 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	1.975±	0.162 <sup>a/a</sup>	1.899±	0.069 <sup>a/a</sup>	1.897±	0.0427 <sup>a/a</sup>	1.882±	0.0779 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	1.749±	0.0471 <sup>a/a</sup>	1.918±	0.0731 <sup>a/a</sup>	1.908±	0.0706 <sup>a/a</sup>	1.91±	0.0483 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 35** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre índice de conversión alimenticia en aves de postura Hy-Line W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

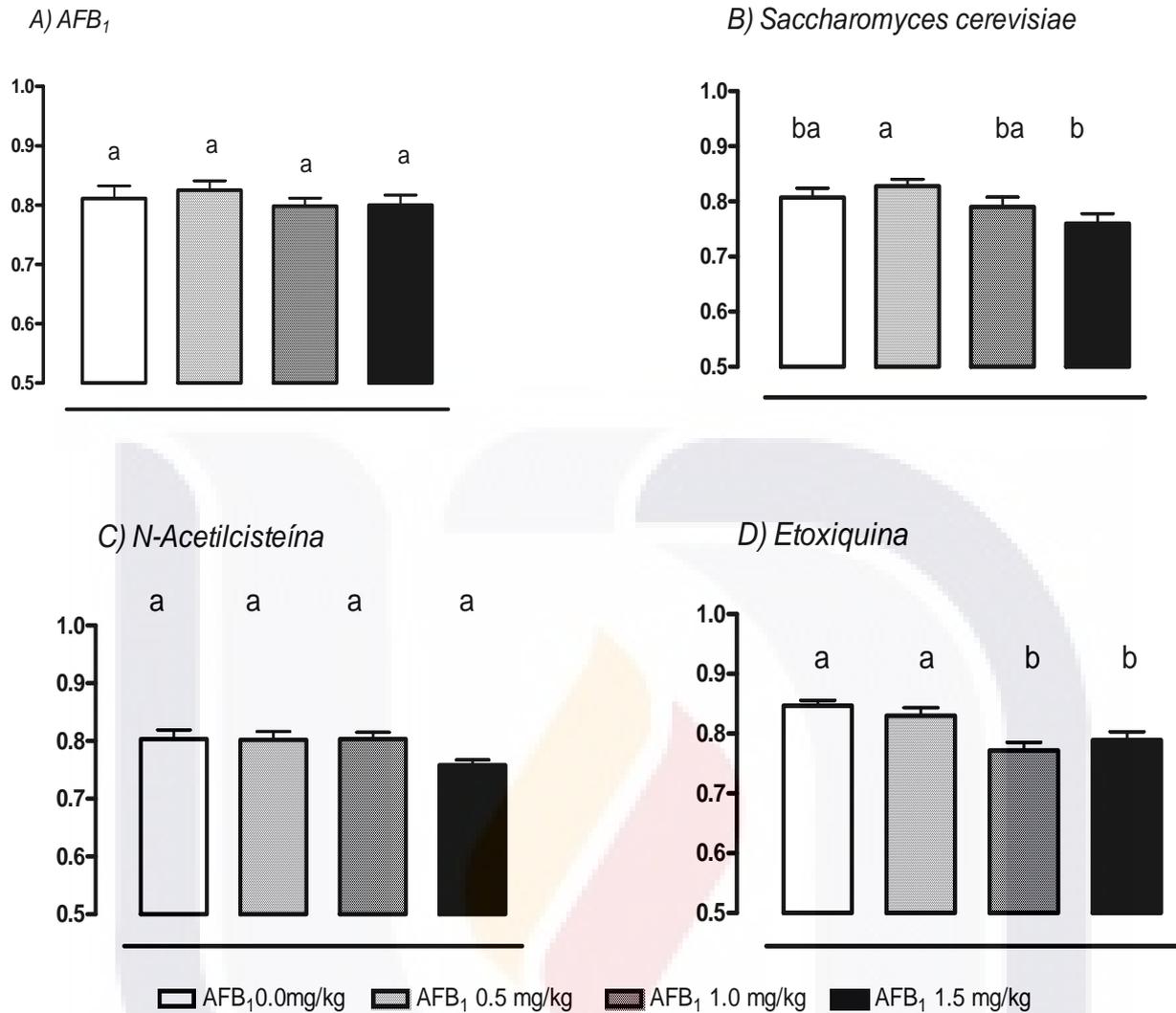
5.6.5 Producción gallina día

La producción Gallina día se expresa como el porcentaje de producción diario por tratamiento. Durante este ultimo periodo se observo que las aves en cuya dieta se adiciono la AFs en sus cuatro niveles (0. 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento De alimento) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P>0.05$ ), (figura No. 36) ya que su porcentaje de producción se mantuvo constante y similar entre tratamientos (Panel A). Por otro lado el panel B muestra que las aves que recibieron las concentraciones de 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento De AFs en interacción con el SC ( $T_{10}$  y  $T_{14}$ ) el porcentaje de producción presentó una tendencia negativa. Los valores obtenidos para esta variable se engloban en la tabla No. 40

**Tabla No. 40** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre Producción Gallina Día de gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57 a 73 de edad). (Media  $\pm$  EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs 0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	0.811 $\pm$	0.0212 <sup>a/a</sup>	0.825 $\pm$	0.0158 <sup>a/a</sup>	0.798 $\pm$	0.0136 <sup>a/a</sup>	0.8 $\pm$	0.0168 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	0.807 $\pm$	0.0171 <sup>ba/a</sup>	0.828 $\pm$	0.0119 <sup>a/a</sup>	0.79 $\pm$	0.018 <sup>ba/a</sup>	0.76 $\pm$	0.0174 <sup>b/a</sup>
NAC 800 mg	0.803 $\pm$	0.01622 <sup>a/a</sup>	0.802 $\pm$	0.01436 <sup>a/a</sup>	0.803 $\pm$	0.0119 <sup>a/a</sup>	0.758 $\pm$	0.00956 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	0.847 $\pm$	0.0087 <sup>a/a</sup>	0.83 $\pm$	0.0133 <sup>a/a</sup>	0.772 $\pm$	0.0134 <sup>b/a</sup>	0.789 $\pm$	0.0138 <sup>b/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 36** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento de alimento). (Panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), N acetilcisteína (Panel C), y Etoxiquina (Panel D) sobre la producción gallina DIA en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ).

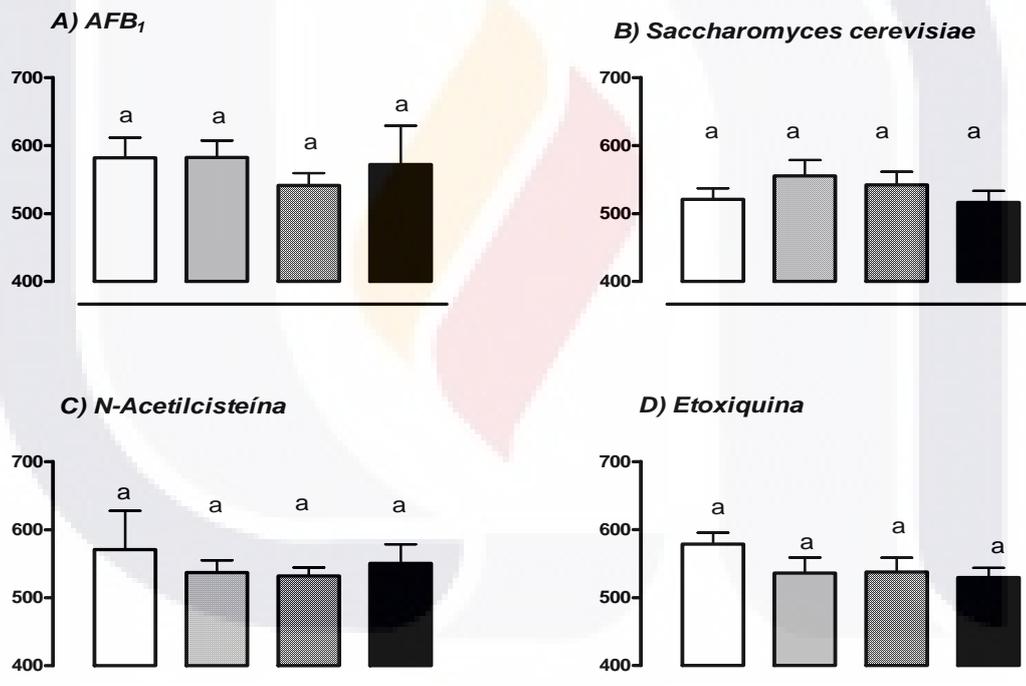
### 5.6.6 Eficiencia alimentaria

Para este tercer periodo experimental no se observaron diferencias estadísticas para ninguno de los 16 tratamientos analizados, La tabla No. 41 muestra los datos de los promedios de huevos producido para este periodo en cada uno de los 16 tratamientos, Estos mismos datos se presentan de manera grafica en la figura No. 37

**Tabla No. 41** Efecto de la AFs y su interacción con SC, NAC, y EQ sobre, Eficiencia Alimentaria en Gallinas de postura En un periodo de 17 semanas de producción (57a 63 de edad). (Media ± EE)

	Concentración de AFs mg/kg							
	AFs 0.0		AFs0.5		AFs 1.0		AFs 1.5	
Control Negativo	582.185±	29.39 <sup>a/a</sup>	582.255±	25.0395 <sup>a/a</sup>	541.561±	17.705 <sup>a/a</sup>	572.111±	56.801 <sup>a/a</sup>
SC 4 g	520.908±	16.0516 <sup>a/a</sup>	555.367±	23.253 <sup>a/a</sup>	542.051±	19.61 <sup>a/a</sup>	516.27±	16.914 <sup>a/a</sup>
NAC 800 mg	570.592±	56.975 <sup>a/a</sup>	537.163±	17.8 <sup>a/a</sup>	531.8±	12.373 <sup>a/a</sup>	550.452±	27.965 <sup>a/a</sup>
EQ 500 mg	578.785±	16.637 <sup>a/a</sup>	535.951±	23.063 <sup>a/a</sup>	537.534±	21.271 <sup>a/a</sup>	529.562±	14.254 <sup>a/a</sup>

Las literales posicionadas a la izquierda de la diagonal corresponden a las diferencias entre grupos de tratamientos (niveles de AFs y uno de los quimioprotectores lectura horizontal). Las literales posicionadas a la derecha de la diagonal corresponden a las diferencias entre los tres quimioprotectores con una sola dosis de AFs (lectura en columnas (vertical))



**Figura No. 37** Efecto de AFs en sus cuatro niveles (0.0 .0.5, 1.0, y 1.5. mg/kg de alimento de alimento). (panel A), y la interacción con *Saccharomyces cerevisiae* (Panel B), *N acetilcisteína* (Panel C), y *Etoxiquina* (Panel D) sobre la eficiencia alimentaria en aves de postura Hy-Línea W36 durante el periodo que abarca de la semana 57 a la 73. Las barras representan el valor promedio para cada grupo de aves, se muestra el error estándar. Las literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P<0.05$ ).

## VI. DISCUSION

Durante este estudio se evaluó el efecto de detoxificación de tres Agentes quimioprotectores (SC, NAC y EQ), mediante los parámetros de producción, calidad de huevo y respuesta inmune post vacunal en gallinas de postura que fueron intoxicadas de manera crónica con AFs, desde su etapa crecimiento, desarrollo y postura, con una administración constante de esta micotoxina en su dieta (12 a 80 semanas). El objetivo esperado era el de observar un efecto de protección y detoxificación generado por el uso de estos compuestos sobre la salud y los índices de productividad de las aves tratadas con AFs. De la misma manera se busco observar el efecto de la adición de estos compuestos en la dieta de las aves en ausencia de tóxicos, antibióticos y desparasitantes y comprobar si ellos por si mismos tendrían un efecto sobre los parámetros arriba mencionados, esto se evaluó mediante la comparación entre los grupos de tratamiento y el grupo control que no recibió ninguna sustancia adicional en la dieta base.

**6.1 Respuesta inmune post vacunal**

En los tres periodos de duración del estudio las aves se mostraron clínicamente sanas, no se observaron lesiones macroscópicas sugestivas de aflatoxicosis en los órganos del sistema inmune (Timo, Bolsa de Fabricio, Glándula de Harder y Tonsilas Cecales). Los resultados obtenidos por la técnica de HI de los diferentes muestreos que se realizaron (27, 31 y 59 semanas de edad), mostraron que los títulos de Acs en cada uno de los 16 tratamientos se mantuvieron en niveles de protección adecuado (Mayores a 5 log), estos resultados sugieren que el sistema inmune de las aves no se vio afectado (inmunodepresión), por el consumo de la AFs o por los productos quimioprotectores utilizados en este estudio (SC, NAC y EQ). Los resultados observados concuerdan Sklan *et al.*, 2001; y Maxwell *et al.*, (2005) quienes refieren que en pollos en cuya dieta se administraron aflatoxinas en combinación con otras micotoxinas y que además fueron vacunados contra los virus de Newcastle y bronquitis infecciosa no se observó ningún efecto sobre la producción de anticuerpos. Por otro lado contrario a lo observado en este

estudio Dugyala y Sharma, (1996); Azzam y Gabal (1998) refieren que uno de los efectos que se causan por el consumo de la AFs es precisamente la inmunodepresión y que por consecuencia las aves se vuelven más propensas a adquirir enfermedades.

De la misma manera Santin *et al.*, (2003) reportan que al adicionar dosis de 200 ppb de AFs se provoco una pobre respuesta a la vacunación contra la enfermedad de Newcastle, además de hacerlas más propensas a Salmonelosis y a la coccidiosis.

### 6.1.1 Parámetros de calidad de huevo

No se observaron diferencias significativas, para los parámetros tales como Unidades Haugh, diámetro polar, diámetro ecuatorial, calidad del cascara y color de la yema, cuando se adición la AFs (T<sub>5</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>13</sub>,) en sus tres concentraciones ( 0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg de alimento), esto también fue observado en los tratamientos donde se combinaron los quimioprotectores y los diferentes niveles de AFs (T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub>, T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>14</sub>, T<sub>15</sub>, T<sub>16</sub>), Este mismo fenómeno fue observado por Pérez *et al.*, (2001) quien al adicionar a gallinas de postura AFs en concentración de 0.0, 0.02 y 4 mg/kg de alimento por un periodo de exposición de 10 días observo que la forma, taño o pesos del huevo de las aves tratadas no mostró evidencias de exposición a la toxina. De la misma manera Oliveira *et al.*, (2002) reporto en un ensayo efectuado en codornices, que no existieron diferencias en relación a los parámetros de calidad interna y externa de huevo, Esto también fue observado por Zaghini *et al.*, (2005); Salwa *et al.*, (2009); Por otro lado contrario a lo observado en este estudios Hamilton y Garlich 1971; y Huff *et al.*, 1975 reportaron que los huevos producidos durante la aflatoxicosis son mas pequeños que lo normal, y que si bien esto no ocurre de manera inmediata al introducirse el toxico en la dieta, se hace evidente después de 10 a 14 días posteriores al consumo de alimento contaminado., Posteriormente, Rizzi *et al.*, 2003 reportan que los cascara de los huevos de las aves tratadas con 2.5 ppm de AFs presentaron una coloración mas clara. La discrepancia entre lo observado en este estudio y lo observado por Sims *et al.*, (1970); Hamilton y Garlich 1971; y Huff *et al.*, 1975; Rizzi *et al.*, 2003 puede deberse a las concentraciones y tipo de AFs utilizadas.

Por otro lado en lo que respecta a color de la yema, Huff *et al.*, (1975) reporto que las yemas del huevo de las aves tratadas con AFs prestaron una coloración de amarillo mas intensa. Contario a esto durante este estudio se observo que el color de la yema fue constante con valores de entre 9 y 10 del abanico de color de Roche ubicándose dentro del rango de color aceptable según NMX-FF-079-SCFI-2004, que considera como normal un valores de entre 9 y 13, los observado durante este ensayo siguiere que la síntesis y trasporte de precursores lipídicos de la yema no se vio afectado debido a que no se observaron lesiones hepáticas propias de la intoxicación con AFs (Jand *et al.*, 2005)

## 6.2 Parámetros de producción

### 6.2.1. Promedio semanal de huevos por ave

Durante el primer periodo se observo que al adicionar AFs a razón de 1.0 mg/Kg. De alimento el número de huevos por aves disminuyo, sin embargo contario a este dato también se observo que con un aumento en la dosis es decir con 1.5 mg/Kg. de AFs el número de huevos por aves aumento. Este mismo fenómeno fue observado por Huff *et al.*, (1975) donde al adicionarse concentraciones de aflatoxina de 0, 1.25, 2.5, 5.0 y 10.0  $\mu\text{g/g}$  de alimento, durante un periodo de cuatro semanas reporto que cuando se adiciono 1.25  $\mu\text{g/g}$  de AFs la producción fue ligeramente menor pero al adicionarse la dosis de AFs 2.5  $\mu\text{g/g}$  el porcentaje de producción de huevo durante estas cuatro semanas fue mayor incluso que la del tratamiento control. Por otro lado, en el grupo de SC conforme se incremento el nivel de AFs el numero de huevos por ave aumento., mientras que el grupo de NAC y EQ no se mostraron diferencias entre los grupos de tratamientos, lo que siguiere que estos dos agentes muestran un efecto positivo sobre la producción de huevo de aves alimentadas con AFs.

Durante el segundo periodo de investigación se encontró el grupo en que se adicionaron los diferentes niveles de AFs (0.5, 1.0 y 1.5 mg/kg) mostraron una disminución en el numero de huevos únicamente en el tratamiento de AFs a razón de 1.0 mg/Kg. Como fue observado en el primer periodo. Por otra parte

las aves que recibieron AFs a razón de 1.5 mg/Kg mostraron un aumento de producción de huevo. Los resultados obtenidos en Este estudio coinciden con Huff *et al.*, (1975) quienes reportan que con concentraciones de AFs de 1.25 µg/g de alimento el promedio de huevo por ave no se ve afectado pero que al aumentar la dosis de AFs (2.5 µg/g de alimento) la producción de huevo se aumenta. Estos resultados sugieren que la adición de los quimioprotectores (SC, NAC y EQ) tuvo un efecto positivo sobre el promedio de huevo por ave. Finalmente durante el tercer y último periodo de producción todas las aves mostraron una producción de huevo sin diferencias, ya que no se logro observar los mismos resultados obtenidos en el primer y segundo periodo de producción el tratamiento de 1.0 mg/kg de AFs. Sin embargo nuestros resultados n concuerdan con los de Exarchos *et al.*, (1982) ya que ellos reportaron que al administrar AFs en dosis de 5 mg/kg de alimento la producción de huevo disminuye al tercer día post administración. Estos mismos autores indican que cuándo se adminístrala AFs y a dosis de 0.7 y 1 mg/kg de alimento respectivamente la producción de huevo se vio afectada entre la 4 y 5 semana. Estas observaciones también fueron reportadas por Howarth y Wyat en (1976), quienes reportan que al administrar 5 y 10 mg/kg de alimento. De AFs en el alimento durante 4 semanas las aves manifestaron una disminución de la producción de huevo en la tercera semana. Estas diferencias pueden ser debidas a las diferentes niveles de de AFs utilizada y al tiempo de exposición, (intoxicación Aguda). Por lo que sugieren que las aves expuestas por periodos prolongados de tiempo (intoxicación crónica) a las aflatoxinas les permiten desarrollar una adaptación a este proceso toxicológico no permitiendo el efecto negativo de la disminución en la producción de huevo.

### 6.2.2 Peso del huevo

Al finalizar el primer periodo del estudio los pesos del huevo no mostraron diferencias entre los tratamientos, independientemente del nivel de la AFs o la combinación con los quimioprotectores (SC, NAC y EQ). Siendo este dato similar a lo reportado por Huff *et al.*, (1975); Pérez *et al.*, (2001); Salwa *et al.*, (2009). Por otro lado, durante el segundo y en el tercer periodo del estudio se encontró que el peso del huevo de las aves alimentadas con AFs 0.5 y 1.0

mg/kg de alimento, fue mayor al peso de del huevo de las aves alimentadas con T<sub>1</sub> (control) y T<sub>13</sub> (AFs 1.5 mg/kg). Se sabe que el peso del huevo esta conformado por yema, clara y cáscara, y como ya se menciona en el apartado de calidad de huevo estas no se vieron afectadas en su tamaño y forma, por lo que el peso del huevo tampoco se vio afectado y pueden ser clasificar como aceptables, según la Norma Mexicana (NMX-FF-079-SCFI-2004) e inclusive en el segundo y tercer periodo estos alcanzaron la denominación de huevo de primera calidad.

### 6.2.3 Producción gallina día

Se observaron los resultados obtenidos durante los tres periodos de producción, en el grupo al que se adiciono las diferentes concentraciones de AFs y se encontró que para el primero y segundo periodo el porcentaje de producción mostró una disminución en el tratamiento adicionado con AFs 1.0 mg/kg de alimento. Esto coincide con lo reportado por Sims *et al.*, (1970); Hamilton y Garlich (1971); Huff *et al.*, (1975); y Exarchos *et al.*, (1982). Quienes reportaron que el porcentaje de producción de huevo disminuye con la adición de aflatoxinas en las dieta de aves de postura. Por otro lado, se observo que ddurante el tercer periodo estas diferencias ya no se presentaron, estos hallazgos concuerda a lo observado por Rizzi *et al.*, (2003) quienes reporto que con dosis de 2.5 ppm y por un periodo de exposición de 4 semanas no se observaron problemas de salud en las aves tratadas, tampoco se hizo evidente una disminución en la producción de huevo. Así mismo, Pérez *et al.*, (2001), en un estudio sobre el efecto de AFs sobre la producción de huevo en gallinas con un periodo de exposición de 10 días en concentración de 0.0, 0.02 y 4 mg/kg de alimento reportaron no haber encontrado evidencias de exposición a la toxina. Por otra parte, los estudios de Zaghini *et al.*, (2005) así como Salwa *et al.*, (2009), reportaron que a concentraciones de 0, 25, 50 y 100 ppb de AFs por kilogramo de alimento no se vio afectada la producción de huevo. Nuestros resultados en el primer periodo se observo que cuando se adiciono SC al alimento las aves disminuyeron la producción de huevo, esta observación coincide con lo reportado por, Rizzi *et, al.*,(2001); y Barca, (2002); que observaron que al adicionar a la dieta de gallinas de postura

Mananoligosacaridos (MOS) se presento una disminuci3n en variables tales como peso del huevo, y porcentaje de producci3n, mientras que para el segundo y tercer periodo la producci3n se estabilizo, de la misma manera Zaghini *et, al.*,(2005,) refieren que para la cuarta semana de administraci3n de MOS esta disminuci3n desapareci3 y presento similitud con los dem3s grupos tratados. Sin embargo, el estudio concluyo en la cuarta semana se estabilizo x lo que no es posible dilucidar si este aumento fue una constante. Por otro lado, en el grupo de NAC la producci3n de huevo fue similar durante los tres periodos donde a medida que la concentraci3n de AFs aumento el porcentaje de producci3n tendi3 a disminuir ligeramente sin encontrarse diferencias significativas. Esto mismo ocurri3 en el grupo de aves que recibieron EQ. Con estos resultados se pudiera pensar que la adici3n de los compuesto quimioprotectores durante los tres periodos experimentales mostr3 una acci3n positiva sobre el porcentaje de producci3n de huevo en aves alimentadas de manera cr3nica con dosis crecientes de AFs. As3 mismo se muestra evidencia que aves que consumieron tratamientos adicionados con 0.5, 1.0, y 1.5 mg/kg de alimento. De AFs muestran una adaptaci3n a la adici3n del toxico.

#### **6.2.4 Consumo diario de alimento**

Durante el primer periodo de producci3n se observo que en los tratamientos a los que se les adiciono AFs el consumo de alimento diario por ave disminuyo, y aun cuando no se reflejaron diferencias significativas entre los tratamientos se observo que a mayor concentraci3n de AFs menor consumi3 de alimento. Mientras que, en el segundo y tercer periodo el resultado fue inverso, donde se observo que el tratamiento adicionado con AFs 1.5 mg/kg de alimento (T<sub>9</sub>) consumieron mayor cantidad de alimento. Por otra parte, en el grupo de SC m3s los diferentes niveles de AFs se observo que en el primer periodo de producci3n hay una tendencia a aumentar el consumo de alimento. No siendo as3 en el tercer periodo donde el consumo de alimento fue constante.

Por lo anterior sugiere que la adici3n de estos compuestos fue ben3fica ante la acci3n negativa que la presencia de la AFs.

### 6.2.5 Índice de conversión alimenticia

El índice de conversión alimenticia es uno de los principales indicadores económicos de la productividad de las aves. En este estudio Cunco se adicionaron la AFs en sus cuatro niveles (0.0, 0.5, 1.0, y 1.5 mg/Kg. de alimento), se observó que en el primer periodo de producción solamente las aves que consumieron 0.5 y 1.5 mg/Kg. de alimento de AFs mostraron un índice de conversión menor. Mientras que cuando se adiciono AFs en dosis de 1.0 mg/Kg. de alimento el índice de conversión aumento. Esto también fue observado en el segundo periodo con respecto al tratamiento control (0.0 AFs). Sin embargo en el tercer periodo de producción no se observaron diferencias entre los tratamientos. Estos resultados sugieren que conforme aumenta el tiempo de exposición a la toxina las aves parecen ejercer una adaptación. Por otra parte el grupo de aves que consumieron SC durante el primer periodo de producción, el índice de conversión aumento, y a medida que la concentración de AFs aumento el índice de conversión bajo, mientras que, para el segundo y tercer periodo de producción el índice de conversión fue constante. Nuestros resultados coinciden con lo reportado por Zaghini *et al*, (2005) quienes refieren que con la administración de MOS se presenta un aumento en el índice de conversión, pero al finalizar el estudio el índice de conversión fue similares con respecto al tratamiento control. Por otra lado en el grupo de aves que recibieron NAC durante los tres periodos de producción, el índice de conversión no mostró ser diferente. Finalmente con la adición de EQ en interacción con las distintas concentraciones de AFs se encontró que durante el primer periodo de producción el grupo de aves que se trataron con EQ consumieron mas alimento por kilogramos de huevo producido, tendencia que ya no se manifiesta durante el segundo y tercer periodo de exposición a este compuesto donde se observó que la adición de este quimioprotector mantuvo un índice de conversión homogéneo. Estos resultados sugieren que la adición tanto de NAC, como de EQ es una alternativa viable para evitar los efectos negativos de la Afs. Así mismo, de nueva cuenta se puede decir que conforme el tiempo de exposición aumenta las aves parecen adquirir una adaptación a la presencia del toxico en el alimento.

### 6.2.6 Eficiencia alimentaria

La Eficiencia alimentaria, es un índice que engloba los parámetros de producción y los muestra como kilogramos de huevo producido por toneladas de alimento consumido. Como se menciona esta ampliamente ligado al índice de conversión, por lo que se observa que la eficiencia alimentaria se vera disminuida cuando por cualquier razón el índice de conversión aumente. Durante del primer periodo de producción en el grupo de aves tratadas con los cuatro niveles de AFs encontramos que las aves que consumieron la dieta de AFs 1.0 mg/Kg. de alimento, la eficiencia alimentaria disminuyo, mientras que las aves que recibieron AFs 1.5 mg/Kg. de alimento la eficiencia alimentaria aumento. No fue posible encontrar referencias en cuanto a esta variable en los artículos de revisión por lo que haciendo una estimación de los parámetros reportados por Huff *et al.*, (1975), nuestros resultados coinciden con lo reportado por ellos. Por otro lado, en el primer periodo de producción con la adición SC, la eficiencia alimentaria disminuyo. Mientras que en los tres periodos de producción con la dicción tanto de NAC como EQ mas todos los niveles de AFs la eficiencia alimentaria fue constante.

Al llegar al final del segundo periodo de producción en las gallinas que consumieron únicamente la AFs 1.0 mg/Kg. de alimento la eficiencia alimentaria disminuyo, dejando nuevamente en evidencia que con dosis de AFs 1.0 mg/Kg. de alimento los parámetros de producción en las aves disminuyen. Por otro lado el grupo de aves a las que se les adicione el SC no mostró cambios en la eficiencia alimentaria.

Los resultados sugieren que la adición tanto NAC como de EQ representa una alternativa a los embates causados por la presencia de AFs en la alimentación de las aves. Algunos estudios relevantes han soportado la suposición de que el tratamiento con NAC parece exhibir en ratas un efecto protector contra el ataque mutagénico de AFs por medio del incremento de los niveles intracelulares de GSH, inhibiendo la activación metabólica de esta micotoxina, estimulando la actividad enzimática para su detoxificación o reaccionando por sí misma con AFs (De Flora *et al.*, 1985). Por otro lado la EQ, que inducen varias enzimas de la fase II e inhiben la actividad de las de la fase I (Barch y Rundhaugen, 1994; Barch, Rundhaugen y Pillay, 1995). La actividad

catalítica de las GST, así como la capacidad inductora de varias sustancias quimioprotectoras, se ha evaluado en presencia de AFs en diferentes especies de laboratorio, sobre todo ratas y ratones, así por ejemplo, Hayes *et al.* (1991) encontraron que la EQ era capaz de destoxificar el AFs-8,9-epóxido, a través de la inducción de tipos de GST. Estos antecedentes y los datos obtenidos durante el desarrollo de la presente investigación sugieren que tanto NAC, como EQ puede ser potentes quimioprotectores contra los efectos adverso provocados por la AFs y expresados por medio de la disminución en los índices de producción en gallinas de postura.

Finalmente se observo que a medida que las aves interactúan con las concentraciones de Aflatoxina contenida en la dieta parece que se ejerce una adaptación al consumo de la misma cuando no se observan diferencias entre los tratamientos incluidos dentro del grupo al que se le adicionaron las concentraciones crecientes de AFs.

En relación a lo observado en este último periodo experimental resulta de interés señalar que no es posible dilucidar si los resultados observados corresponden al efecto de los compuestos utilizados como quimioprotectores o bien es el resultado de un periodo de estabilización y adaptación de las aves a la presencia de la toxina en el alimento consumido.

Los ensayos citados involucran una intoxicación aguda (no más de 8 semanas) y se efectuaron en aves clínicamente sanas y que se encontraban ya en un ciclo de producción estable con índices de productividad propios de la etapa que cursaban. Este estudio conjunta dos variables que han sido poco estudiadas con anterioridad una de ellas es el periodo de exposición al que se sometieron las aves (12 meses) y la segunda que con las gallinas como modelo biológico el inicio de exposición a la FB<sub>1</sub> ocurrió en una etapa temprana de su vida (12 semanas) se sabe que, la edad, el genero y la especie están involucrados en la acción que ejercen las AFs en los organismos y que los animales jóvenes son mas susceptibles que los adultos, de la misma manera se ha referido que el tiempo y dosis de exposición son factores importantes en la intoxicación con AFs,( Arafa *et al.* 1981; Osuna,1989; Batra *et al.*, 1991; (Leeson *et al.*, 1995), de esta manera encontramos que los datos reportados corresponden en primer lugar a intoxiacaiones agudas y que los efectos negativos suelen presentarse con concentraciones altas del toxico (Exarchos *et*

*al.*, en 1982 5 mg/kg de alimento.; Howarth y Wyat en 1976 5 mg/kg de alimento. Huff *et al.*, en 1975 10.0 µg/g) y una vez que estos efectos negativos se hacen presentes es retirado de la dieta el toxico por lo que el comportamiento productivo del ave regresa su normalidad. Por lo que se puede decir que Los Resultados arrojados por este estudio sugieren que las gallinas de postura Leghor Hy-Line W36. Debido a sus genero, color y edad tiene cierta capacidad de adaptación a la presencia crónica de aflatoxinas en su alimentación y si bien en un inicio la baja de producción esta presente (primer periodo de producción) al continuar con la exposición al toxico el ave aparentemente atraviesa por un periodo de adaptación para posteriormente estabilizar su producción (tercer periodo) independientemente de las concentraciones de AFs que se utilizaron. Queda manifiesto el efecto benéfico que ejercen el uso de N-acetilcisteína y Etoxiquina interactuando con las distintas concentraciones utilizadas de AFs sobre todo durante el primer periodo de producción ya que al ser tanto NAC, como EQ precursores de la síntesis de GSH a nivel hepático, evitan en gran medida los efectos deletéreos ocasionados por el consumo de AFs .

Por otro lado, encontramos que aun cuando el uso de SC en todas sus presentaciones ha sido ya documentado como una alternativa contra en los embates de la AFs en la industria avícola, los resultados aquí expresados sugieren una escasa quimioprotección sobre los índices de productividad en gallinas de postura intoxicadas de manera crónica con AFs.

Finalmente estos resultados nos pueden sugerir que las gallinas de postura presentan cierto grado de adaptación a los efectos nocivos de dosis bajas de AFs, y que es probable que pase inadvertida una intoxicación crónica en campo, por lo que se debe estar alerta y considerar la deposición de este toxico en el huevo ya que el consumo de este representa un problema de salud publica en nuestro país considerando que México ocupa el primer lugar en consumo per cápita de huevo a nivel mundial y que La aflatoxina B<sub>1</sub> es uno de los agentes causantes de cáncer de hígado más potentes que se conocen para el hombre (IARC, 1993a), por lo que se hace necesario evaluar en que grado la adición estos agentes evita o minimiza la deposición de la AFs en el huevo.

## VII CONCLUSIONES

1. La adición de AFs, así como de *Saccharomyces cerevisiae*, *N-acetilcisteína* o *Etoxiquina*, en la dieta de las aves de postura no indujo cambios en los parámetros de calidad (interna y externa) del huevo (Unidades Haugh, Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial, Color de la yema) en los 16 tratamientos. De la misma manera el peso del huevo no se vio afectado con la adición de estos compuestos.
2. La adición de Las AFs en la dieta de las aves de postura no indujo inmunosupresión, los títulos de anticuerpos se mantuvieron en todo momento dentro del rango adecuado para conferir protección a las aves.
3. En el primer y segundo periodo las AFs ocasionaron una disminución en el promedio de huevo por ave, Sin embargo con la adición tanto de *N-acetilcisteína* como de *Etoxiquina* se indujo un efecto de protección ya que las aves que consumieron la dieta que contenía estos compuestos mantuvieron un promedio de postura constante y similar a la producción del tratamiento control.
4. El promedio de huevo por ave en el primer y segundo periodo del estudio disminuyó en los grupos de aves que se les adición el *Saccharomyces cerevisiae*.
5. La adición tanto de *N-acetilcisteína* como de *Etoxiquina*, indujo en las aves una optimización del índice de conversión alimenticia y de la eficiencia alimentaria, mostrando valores inclusive mejores que los del tratamiento control. dejando con esto manifiesto el efecto quimioprotector de estos compuestos.
6. La adición tanto de *N-acetilcisteína* como *Etoxiquina* indujo en las aves que consumieron estos compuestos un efectos quimioprotector contra los embates de las AFs mostrando adecuados índices de productividad, así como una adecuada calidad de huevo, y un buen estado inmunológico
7. Al término del tercer periodo del estudio las aves tratadas no mostraron evidencias del efecto de la aflatoxina y la producción de huevo se estabilizo.

## CONCLUSIONES

---

En forma integral los resultados del estudio sugieren que el uso de Etoxiquina y N-acetilcisteína promueven una mayor capacidad de resistencia de las gallinas de postura y que los efectos nocivos derivados de la exposición crónica a la Afs..Además de que estos compuestos no alteran el comportamiento productivo de las aves, por lo cual pudieran utilizarse como compuestos quimioprotectores.



## VIII BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castella, G., And Cabanes, F. J. (1994). Mycoflora And Aflatoxin-Producing Strains In Animal Mixed Feeds. *J. Of Food Protection*. 57(3); 256-258
- Abbas, A. K., and A. H. Lichtman. 2003. *Cellular and Molecular Immunology*. 5th Edition. W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pa.
- Arafa. A.S., R.J. Bloomer, H.R. Wilson, C.F. Simpson and R.H. Harms, Susceptibility of various poultry species to dietary **aflatoxin**. [British Poultry Science](http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713408216~tab=issue~slist~branches=22 - v2222), Volume <http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713408216~tab=issue~slist~branches=22 - v2222>, Issue [5](http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t713408216~tab=issue~slist~branches=22 - v2222) 1981 , pages 431 - 436
- Asuzu, I. U. Y Shetty, S. N. (1986) Acute Aflatoxicosis in Broiler Chicken in Nsuka, Nigeria. *Tropical Veterinary*. 4:79-80
- Alpini, G., Phillips, J. O., Vroman, B. and La Russo, N. F. (1994). Recent Advances in the Isolation of Liver Cells. *Hepatol*. 20(2):494 – 514
- Asghar, A., Lin, C. F., Grar, J. I., Buckley, D. J., Boren, A. M., Crackel, R. L., Y Flegal, C. J. (1989). Influence of Oxidized Dietary Oil and Antioxidant Supplementation on Membrane-Bound Lipid Stability in Broiler Meat. *British Poultry Science*. 30:815–823.
- Azzam, A.H.; Gabal, M.A. Aflatoxins and Immunity in Layer Hens. *Avian Pathology*. 27 (6): 570-577.1998
- Bababunmi, E. Y Bassir, O. (1982) A Delay in Blood Clotting of Chickens and Ducks Induced By Aflatoxin Treatment. *Poultry Science*. 61:166-168.
- Barca, A. 2002. I mannano-oligosaccaridi nella dieta per galline ovaiole: Effetti su zearalenone, fumonisina e aflatossina. Ph.D. Thesis. Faculty of Veterinary Medicine, Alma Mater Studiorum, Bologna, Italy.
- Barch, D. H., Rundhaugen, L. M. (1994) Ellagic acid induces NAD(P)H:quinone reductase through activation of the antioxidant responsive element of the rat NAD(P)H:quinone reductase gene. *Carcinogenesis* 15:2065-8.
- Barch, D. H., Rundhaugen, L. M. y Pillay, N. S. (1995): Ellagic acid induces transcription of the rat glutathione S-transferase-Ya gene. *Carcinogenesis*. 16:665-8.
- Bartov, I., Y Bornstein, S. (1972) Comparisons of Bht And Ethoxyquin as Antioxidants in the Nutrition of Broilers. *Poultry Science*. 51:859–868.
- Batra, P., Pruthi, A. K., Sadana, J. R. (1991). Effect of Aflatoxin B1 on the Efficacy of Turkey Herpesvirus Vaccine Against Marek'S Disease. *Res. Vet. Sci*. 51;115 - 119

- Blandon, J.C., Y D. Muzaffer 2006. Presencia de Micotoxinas en piensos y su impacto en la producción Avícola; Unidad de Nutrición Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona Estraído de la Red el 06/11/2006
- Briggs, D. M., Wyatt, R. D. Y Hamilton, P. B. (1974). The Effect of Dietary Aflatoxin on Semen Characteristics of Mature Broiler Breeder Males. *Poultry Science*. 53:2115-2119.
- Budavari, S., O'Neil, M. J., Smith, A., Y Heckelman, P. E. (1989). The Merck Index. An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals (P. 14) 19th. Edition, New Jersey: Merck
- Cabel, M. C., Y Waldroup, P. W. (1989) Ethoxyquin and Ethylenediaminetetraacetic Acid for the Prevention of Rancidity In Rice Bran Stored at Elevated Temperature and Humidity for Various Lengths of Time. *Poultry Science*. 68:438–442.
- Castegnaro, M., Maru, V., Maru, G. y Ruiz-Lopez, M. (1990). High-Performance Liquid Chromatographic Determination of Ochratoxin and Its 4r-4-Hydroxy Metabolite in Human Urine. *Analyst* 115: 129-131.
- Cathey, C. G., Huang, Z. G., Sarr, A. B., Clement, B. A., Y Phillips, T. D. (1994) Development and Evaluation of Microcolumn Assay for the De-Tection of Aflatoxin M1 in Milk. *Journal of Dairy Science*. 77: 1223-1231.
- Chen, Y. S., Yin, C. H. and Choon, N. O. (1995). Inhibition of Aflatoxin B1-Induced Cell Injury By Selenium: An In Vitro Study. *Hum Exp Toxicol*. 14(1): 55 - 60
- Ch'lh, J. J., Biedrzycka, D. W., Devlin, T. M. (1991). Isolated Hepatocytes Are Capable of Excreting Aflatoxin Metabolites. *Bichem Biophys Res Commun*. 178(3): 1002 – 1007
- Cottier, G. J., Moore, C. H., Diener, U. L. Y Davis, N. D. (1969) The Effect of Feeding Four Levels of Aflatoxin on Hatchability and Subsequent Performance of Broilers. *Poultry Science*. 48:1797.
- Coulet, M., Eeckhoutte, C., Y Galtier, O. (1996) Ontogenic Development of Drug-Metabolizing Enzymes in Male Chicken Liver. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 74:32–37.
- Coulumbe, R. A. (1993) Symposium: Biological Action of Mycotoxins. *Journal of Dairy Science*. 76:880-891.
- Cusumano, V., Rossano, F., Merendino, R. A, Arena, A., Costa, G. B., Mancuso, G., Baroni, A., and Losi, E. (1996). Immunobiological Activities of Mould Products: Functional Impairment of Human Monocytes Exposed To Aflatoxin B1. *Res. Microbiol*.

- Da falla, R., Yagi, A. I. Y Adam, S. E. I. (1987) Experimental Aflatoxicosis in Hybro-Type Chicks: Sequential Changes in Growth and Serum Constituents and Histopathological Changes. *Veterinary and Human Toxicology*. 29:222-226.
- Davison, T. F. 1996. Cell-Mediated Immunity: Effector Functions. Pages 115-134 In: *Poultry Immunology, Poultry Science Symposium Series, Vol. 24*. T. F. Davison, T. R. Morris, and L. N. Payne, Eds. Carfax Publishing, Abingdon, Uk.
- De Caro, L., Ghizzi, A., Costa, R., Longo, A., Ventresca, G. P., Y Lodola, E. (1989). Pharmacokinetics and Bioavailability of Oral Acetylcysteine in Healthy Volunteers. *Arzneim-Forsch/Droug Research*, 39, 382-386.
- De Flora, S., Bennicelli, C., Camoirano, A., Serra, D., Romano, M., Rossi, G. A., Morelli, A., Y De Flora, A. (1985). In Vivo Effects of N-Acetylcysteine on Glutathione Metabolism and on the Biotransformation of Carcinogenic and/or Mutagenic Compounds. *Carcinogenesis*, 6, 1735-1745.
- Doerr, J. A., Huff, W. E., Wabeck, C. J., Chaloupka, G. W., May, J. D. Y Merkiey, J. W. (1983) Effects of Low Level Chronic Aflatoxicosis in Broiler Chickens, *Poultry Science*. 62: 1971-1977
- Dugyala, R. R., and Sharma, R. P. (1996). The effect of Aflatoxin B1 on Cytokine Mrna and Corresponding Protein Levels in Peritoneal Macrophages and Splenic Lymphocytes. *Int. J. Immunopharmacol.* 18, 599–608
- Dugyala, R. R., Sharma, R. P. (1996). The Effect Of Aflatoxin B1 On Cytokine Mrna And Corresponding Protein Levels In Peritoneal Macrophages And Splenic Lymphocytes. *Int J Immunopharmacol.* 18(10): 599 – 608
- Eaton, D. L., Bammler, T. K. (1999) Concise Review of the Glutathione S-Transferases and Their Significance to Toxicology. *Toxicology Science*. 49:156-164.
- Edds, G.T. 1979. Aflatoxin in Conference on Micotoxins in Animal Feed Grains
- Ellenhorn, M. J., Y Barceloux, D. G. (1988). *Medical Toxicology. Diagnosis and Treatment In Human Poisoning* (Pp. 156-166). New York: Elsevier.
- Espada, Y., Domingo, M., Gomez, J. Y Calvo, M.A (1992) Pathological Lesions Following an Experimental Intoxication With Aflatoxin B1, in Broiler Chickens. *Research in Veterinary Science*. 53:275-279.
- Ewaskiewicz, J. I., Devlin, T. M., Chih, J. J. (1991). The In Vivo Disposition of Aflatoxin B1 in Rat Liver. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 179(2): 1095 – 1100

- Exarchos, C.C. & Gentry, R.F. (1982). Effect Of Aflatoxin B1 On Egg Production. *Avian Diseases*, 26, 191-195.
- Fao (1993) Ocurrence of Aflatoxin in Peanut and Corn Products Moving in International Trade. In: *Sampling Plans for Aflatoxins in Peanuts and Corn*. 55. Rome, Italy, 1-63
- Fernández, A, Verde, M. T., Gómez, J., Gascon, M., Ramos, J. J. (1995). Changes in the Prothrombin Time, Haematology and Serum Protein During Experimental Aflatoxicosis in Hens and Broiler Chickens. *Res Vet Sci* 58(2): 119 – 122
- Fernandez, A., Verde, M. T., Gascon, M., Ramos, J., Gomez, J., Luco, D. F. Y Chavez, G. (1994) Variations Of Clinical Biochemical Parameters of Laying Hens And Broiler Chickens Fed Aflatoxin-Containing Feed. *Avian Pathology*. 23:37-47.
- Fink – Gremmels, J. 1999 Mycotoxins; Their Impactations for Humans and Animal Health, *Vet Q*. 21,115-120.
- Flores O. C.; Hernández P. L. B.; Vázquez M. J. Contaminación Con Micotoxinas en Alimento Balanceado y Granos de uso Pecuario en México en el Año 2002. *Téc Pecu Méx* 2006;44(2):247-256
- Frankfurt, O. S., Lipchina, L. P., Bunto, T. V. Y Emanuel, N. M. (1967) The Effect of 4-Methyl-2,6-Di-Tert.-Butylphenol (Ionol) On Liver Tumor Induction In Rats. *Bulletin of Experimental Biology And Medicine*. 64(8):86-8.
- Gabal, M. A. And A.H. Azzam. 1998. Interaction of Aflatoxin in the Feed and Immunization Against Selected Infectious Diseases in Poultry, LI effects on One-Day-Old Layer Chicks Simultaneously Vaccinated Against Newcastle Disease, Infectious Bronchitis And Infectioud Bursal Disease. *Avian Path.*, 27: 290-295.
- Ghosh, R. C., Chauhan, H. V., And Roy, S. (1990). Immunosuppression in Broilers Under Experimental Aflatoxicosis. *Br. Vet. J*. 146, 457–462
- Giambrone, J. J., Diener, U. L., Davis, N. D., Panangala, V. S., and Hoerr, F. J. (1985b). Effects of Purified Aflatoxin on Broiler Chickens. *Poult. Sci*. 64, 852–858
- Glahn, R. P., Beers, K. W., Bottje, W. G., Wideman, R. F. Jr. And Huff, W. E. (1991). Altered, Renal Function in Broilers During Aflatoxicosis. *Poult Sci*. 69: 1796 - 1799
- Glahn, R. P., Beers, K. W., Bottje, W. G., Wideman, R. F. Jr. and Huff, W. E. (1990). Aflatoxicosis Alters Avian Renal Function, Calcium, and Citamin D Metabolism. *J. Toxicol. Environ. Health*. 34(3). 309 – 321

- Glahn, R. P., Van Campen, D., Dousa, T. P. (1994). Aflatoxin B1 Reduces Na<sup>+</sup>-Pi Co-Transport in Proximal Renal Epithelium: Studies in Opossum Kidney (Ok) Cells. *Toxicology* 92(1-3): 91 – 100
- Goldblatt, L. A. (1974). "Aflatoxin" In *Encyclopedia of Food Technology*. The Avi. Pub. Co. Inc., Westport, Ee.Uu., Vol. 2: 12 - 15
- Groopman, J. D. , Donahue, P. R., Zhu, J., Chen J., Y Wogan, G. N. (1985). Aflatoxin Metabolism In Humans: Detections Of Metabolites and Nucleic Acid Adducts In Urine By Affinity Chromatography. *Proceedings of the National Academy of Science. U. S. A.* 82: 6492 – 6496.
- Groopman, J. D., Cain, L. G., And Kensler, T. W. (1988). Aflatoxin Exposure In Human Populations: Measurements and Relationship to Cancer. *Crc Clin Rev. Toxicol.* 19: 113 -145
- Guengerich, F. P., Johnson, W. W., Shimada, T., Ueng, Y. F., Yamazaky, H. Y Langouet, S. (1998) Activation and Detoxication of Aflatoxin B1. *Mutation Research.* 402:121-128.
- Hafez, A. H., Megalla, S. E., Abdel-Fattah, H. M. Y Karnel, Y. Y. (1982) Aflatoxin and Aflatoxicosis. Ii. Effects of Aflatoxin on Ovarios and Testicles In Mature Domestic Fowls, *Mycopathologia* 77:137-139.
- Hamilton Pb, Garlich Jd. Aflatoxin As A Possible Cause Of Fatty Liver Syndrome In Laying Hens. *Poult Sci.* 1971 May; 50(3):800–804.
- Hamilton, P. B. (1982). Mycotoxins and Farm Animals. *Refuah Vet.* 39:17 - 45
- Hamilton, P. B. (1984). Determining Safe Levels of Mycotoxins. *J. Food Prot.* 47(7):570 – 575.
- Harvey, B. R., Huff, E. W., Kubena, F. L., Corrier, E. D. And Phillips, D. T. (1988). Progression of Aflatoxicosis in Growing Barrows. *Am. J. Vet. Res.* 49(4):482 - 487
- Hayes J. R. and Campbell, T. C. (1986). En: "Casarett and Doull's Toxicology", Third Edition. Macmillan Publishing Company, New York.
- Hayes, J. D., Judah, D. J., Mcllellan L. I., Y Neal, G. E. (1991). Contribution of The Glutathione S-Transferases To The Mechanisms of Resistance to Aflatoxin B1. *Pharmacology and Therapeutics*, 50, 443-472.
- Hayes, J. D., Mcleod, R., Ellis, E. M., Pulford, D. J., Ireland, L. S., Mcllellan, L. I., Judah, D. J., Manson, M. M. Y Neal, G. E. (1996) Regulation of Glutathione S-Transferases and Aldehyde Reductase By Chemoprotectors: Studies of Mechanisms Responsible for Inducible Resistance to Aflatoxin B1. *Iarc Sci Publ.* 139.175-87.

- Hayes, J. D., Ellis, E. M., Neal, G. E., Harrison, D. J. Y Manson, M.M. (1999) Cellular Response to Cancer Chemopreventive Agents: Contribution of the Antioxidant Responsive Element to the Adaptive Response to Oxidative and Chemical Stress, *Biochem. Soc. Symp.* 64. 141–168
- Hayes, J. D., Y McMahon, M. (2001) Molecular Basis for the Contribution of the Antioxidant Element to Cancer Chemoprevention. *Cancer Letters.* 174 103–113.
- Hegazy, S. M., Azzam, A. And Gabal M. A. (1991). Interaction of Naturally Occurring Aflatoxins in Poultry Feed and Immunization against Fowl Cholera. *Poult Sci.* 70:2425 - 2428
- Huff W. E., L. F. Kubena, R. B. Harvey, D. E. Corrier, And H. H. Mollenhauer. 1986. Progression of Aflatoxicosis in Broiler Chickens. *Poultry Science.* 65:1891-1899.
- Hernandez, M. E., Reyes, J. L., Gomez-Lojero, C., Sayavedra, M. S. Y Melendez, E. (1993) Inhibition of Renal Uptake of P-Aminohippurate and Tetraethylammonium By the Antioxidant Ethoxyquin in Rat. *Food Chemical Toxicology.* 31(5): 363-367.
- Hesseltine, C.W. 1976. Condition Leading To Mycotoxin Contamination Of Foods Fedds In Mycotoxins Other Fungal Related Food Problems. Joseph V. Rodrick (Ed), American Chemical Society Washington Dc. Pp 1-22
- Hirano, K., Adachi, Y., Ishibashi, S. (1994). Possible Role of Bovine Serum Albumin for the Prevention of Aflatoxin B1 Absorption from the Instestinal Tract in Young Chicks. *J. Vet Med Sci* 56(2): 281 – 286
- Hodgson, E. (1997). Metabolism Of Toxicants. En: Hodgson, E., Y Levi, P. E., A Textbook of Modern Toxicology, (Pp. 57-94). Stamford, Cn: Appleton and Lange.
- Howarth, B. Jr. Y Wyatt, R. D. (1976) Effect of Dietary Aflatoxin on Fertility, Hatchability, and Progeny Performance of Broiler Breeder Hens. *Applied Environmental Microbiology.* 31:680-684.
- Holeski, C. J., Eaton, D. L., Monroe, D. H., And Bellamy, G. M. (1987). Effects of Phenobarbital on the Biliary Excretion of Aflatoxin P1-Glucuronide and Aflatoxin B1-S-Glutathione in the Rat. *Xenobiotica.* 17:139 - 153
- Hsieh, D. P. H. Y Wong, J. J. (1994). Pharmacokinetics and Excretion of Aflatoxins. Chap. 4, In the Toxocology of Aflatoxins, D. L. Eaton and J. D. Groopman (Eds), Academic Press, Inc. San Diego. Pp 73 – 88.
- Howarth, B. Jr. y Wyatt, R. D. (1976) Effect of dietary aflatoxin on fertility, hatchability, and progeny performance of broiler breeder hens. *Applied Environmental Microbiology.* 31:680-684.

- Huff, W. E., Harvey, R. B. And Kubena, L. F. (1988). Toxic Synergism Between Aflatoxin and T-2 Toxin In Broiler Chickens. *Poult. Sci.* 67:1418 - 1423
- Huff, W.E., R.D.Wyatt and P.B. Hamilton. 1975. Effectos of Dietary Aflatoxin on certain Egg Yolk Parameters. *Poultry Science* 54: 2014-2018, 1975.
- Hy-Line(2007) Internacional Guia de Manejo de Gallinas de Postura Comercial Hy-Line Variedad W-36, 2003-2005
- Iarc. 1993. Preamble. En: Iarc Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans. Some Naturally Occurring Substances: Food Items And Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines And Mycotoxins. Iarc, Lyon, France.
- Ishii, T., Itoh, K., Akasaka, J., Yanagawa, T., Takahashi, S., Yoshida, H., Bannai, S. Y Yamamoto, M. (2000) Induction of Murine Intestinal and Hepatic Peroxiredoxin Msp23 By Dietary Butylated Hydroxyanisole, Carcinogenesis. 21:1013–1016.
- Jagadeesh, M., Reddy, V. R. Y Rao, P. V. (1986) Effect of Dietary Aflatoxin on The Reproductive Efficiency of White Leghorn Breeder Cocks. *Lndian Journal of Animal Science.* 56:793-797.
- Jand, S.K., P.Kaur Y N.S. Sharma. 2005. Mycoses and Mycotoxicosis in Poultry: A Review *Indian Journal of Animal Sciences.* 75, 465-476
- Jassar, B. S. Y Singh, B. (1993) Biochemical Changes In Experimental Aflatoxicosis In Broiler Chicken. *Lndian Journal of Animal Science.* 63:847-848.
- Jindal, N., Mahipal, S. K., Y Mahajan, N. K. (1993). Effect of Some Compounds on Distribution of Aflatoxin in Tissues of Broilers. *International Journal of Animal Sciences*, 8, 85-88.
- Jindal, N., Mahipal, S. K., and Mahajan, N. K. (1994). Toxicity of Alfatoxin B1 in Broiler Chicks and Its Reduction by Activated Charcoal. *Res Vet Sci.* 56:37 - 40
- Johnson, W. W., Harris, T. M. y Guengerich, F. P. (1996) Kinetics and Mechanism of Hydrolysis of Aflatoxin B1 Exo-8, 9-Epoxide and Rearrangement of the Dihydrodiol. *Journal of American Chemistry Society.* 118, 8213-8220.
- Johnson, W. W., Ueng, Y. F., Widerstern, M., Mannervik, B., Hayes., J.D., Sherratt, P.J., Ketterer, B. y Guengerich, F. P. (1977) Conjugation of Highly Reactive Aflatoxin B1 Exo-8,9-Epoxide Catalyzed By Rat and Human Glutathione S-Transferases: Estimation of Kinetics Parameters. *Biochemistry.* 36:3056-3060.

- Johnson, W.W., Yamazaky, H., Shimada, T., Ueng, Y. F. Y Guengerich, F. P. (1997b) Aflatoxin B1 Epoxide Hydrolysis in the Presence of Rat and Human Epoxide Hydrolase. *Chemical Research and Toxicology*. 10, 672-676.
- Kim J. G. W. Lee, P. G. Kim, W. S. Roh, H. Shintani. 2003. Reduction of Aflatoxins by Korean Soybean Paste and Its Effect on Cytotoxicity and Reproductive Toxicity-Part 3. Inhibitory effects of Korean Soybean Paste (Doen-Jang) on Aflatoxin Toxicity en Laying Hens and Aflatoxin Accumulation in Their Eggs. *J Food Prot*. 66: 866-73.
- Kobrinisky, N. L., Hartfield, D., Horner, H., Maksymiuk, A., Minuk, G. Y., White D. F., Y Feldstein, T. J. (1996). Treatment Of Advanced Malignancies With High-Dose Acetaminophen And N-Acetylcysteine Rescue. *Cancer-Invest*. 14, 202-210.
- Kolars, J. C., Benedict, P., Schmiedlin R. P. Y Watkins, P.B. (1994) Aflatoxin B1-Adduct Formation in Rat and Human Small Bowel Enteroocytes. *Gastroenterology*. 106: 433-439.
- Knight, L. P., Priamo, T., Groopman, J.D., Kensler, T. W., Y Sutter. T. R. (1999) Cdna Cloning, Expression And Activity of A Second Human Aflatoxin B1-Metabolizing Member Of The Aldo-Keto Reductase Superfamily, Akr/A3. *Carcinogenesis*, 20, 1215-1223.
- Kubena, L. F., Harvey, R. B., Buckley, S. A., Edrington, T. S., and Rottinghaus, G. E. (1997). Individual And Combined effects of Moniliformin Present in *Fusarium Fujikuroi* Culture Material and Aflatoxin in Broiler Chicks. *Poult Sci*. 76(2): 265 – 270
- Kubena, L. F., Harvey, R. B., Bailey, R. H., Buckley, S. A., Rottinghaus, G. E. (1998). Effects of Hydrated Sodium Calcium Aluminosilicate (T-Bind) on Mycotoxicosis in Young Broiler Chickens. *Poult Sci*. 77(10): 1502 – 1509
- Kumagai, S. (1989). Intestinal Absorption and Excretion of Aflatoxin in Rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol*. 97:88 - 97
- Lanza, G. M., Washburn, K. W. Y Wyatt, R. D. (1980) Strain Variation in Hematological Response of Broilers to Dietary Aflatoxin. *Poultry Science*. 59:2686-2691.
- Leeson S, Diaz G J and Summers J D (1995) *Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins*. University Books. Guelph, Ontario, Canada.
- Liu, L., Y Klaassen, C. D. (1996). Different Mechanism of Saturation of Acetaminophen Sulfate Conjugation in Mice and Rats. *Toxicol. App. Pharmacol*. 139, 128-134.
- Loechler, E. L. (1994). Mechanisms By Which Aflatoxins and Other Bulky Carcinogens Induce Mutations. En D. L. Eaton Y J. D. Groopman, (Eds.), *The*

Toxicology of Aflatoxins. Human Health, Veterinary, and Agricultural Significance (Pp. 149-178). San Diego: Academic Press.

Luthy, J., Zweifel, U., Schlatter, Ch. (1980). Metabolism and Tissue Distribution of 14c Aflatoxin B1 in Pigs. Food. Cosmet. Toxicol. 18(3):253 - 256

Márquez, R. N., Tejada, I., Y Madrigal, H. (1998). Evaluación Genotóxica de la Inactivación Microbiológica (*Saccharomyces Cereviciae*) de la Aflatoxina B1, Memorias de la XXIII Reunión Anual de la Aneca, Puerto Vallarta, Jalisco, México, Pp. 152-154.

Marth, E. H. y Doyle, M. P. (1979). Update on Molds: Degradation of Aflatoxin. Food Technol. 1:81 - 87

Maxwell O. Otim. G. Mukiibi-Muka, Henrik Christensen and Mage Bisgaard. 2005. Aflatoxicosi, Infectious Bursal Disease and Immune Reponce to Newcastle Disease Vaccination in Rural Chockens. Avian Patology (Augus 2005) 34(4), 319-323

Mayer, C.F. 1953. Endemic Panmyelotoxicoses In The Russian Grain Belt. Part One: The Clinical

Merkley, J. W., Maxwell, R. J., Phillips, J. G. And Huff, W. E. (1987). Hepatic Fatty Acid Profiles in Aflatoxin Exposed Broiler Chickens. Poult. Sci. 66:59 - 67

Methenitou, G., Maravelias, C., Athanaselis, S., Dona, A., and Koutselinis, A (2001). Immunomodulative effects of Aflatoxins and Selenium on Human Natural Killer Cells. Vet. Hum. Toxicol. 43, 232–234

Middleton, T. F., Ferket, P. R., Y Boyd L. C. (2001). The effect of Ethoxyquin on the Quality of Ground Poultry Mortality Carcasses Preserved by Lactic Acid Fermentation and Phosphoric Acid Stabilization. Poultry Science 80:1154–1163.

Mollenhauer, H. H. Corrier, D. E: Huff, W. E., Kubena, L. F. Harvey, R. B. Droleskey, R. E. (1989). Ultrastruture of Hepatic and Renal Lesions in Chickens Fed Aflatoxin. Am. J. Vet. Res. 50(5):771 - 777

Mohiuddin, S. M., Reddy, M. V., Reddy, M. M. Y Ramakrishna, K. (1982) Studies on Phagocytic Activity and Haematological Changes in Aflatoxicosis in Poultry. Indian Veterinary Journal. 63:442-445.

Moreno, S. R., Torres, M. E. Y López, G. F. (1993). La determinación de la concentración de calcio libre en Células y Mitocondrias con indicadores Fluorescentes. Ciencia. 44: 383 - 396

Nilipour, A. H. 2007. Manejo en crianza y postura en gallinas comerciales [Http://Www.E-Campo.Com/](http://Www.E-Campo.Com/)

- Norma Mexicana para Productos Avícolas-Huevo Fresco de Gallina Especificaciones y Métodos de Prueba, Nmx-Ff-079-Scfi-2004.
- O'brien, K., E. Moss, D. Judah, and G. Neal. 1983. Metabolic Basic of the Species Difference to Aflatoxin B1 Induced Hepatotoxicity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2:813-821.
- Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration (Ofr) (1990) Code of Federal Regulations, Title 21, Food and Drugs, Part 172. 140, 573.380, 573.400. (Us Government Printing Office: Washington.
- Oliveira, C. A., E. Kobashigawa, T. A. Reis, I. Mestieri, R. Albuquerque, B. Correa. 2000. Aflatoxin B1 Residues in Eggs of Laying Hens Fed a Diet Containing Different Levels of The Mycotoxin. *Food Addit. Contam.* 17: 459-62.
- Oliveira, Ca Jf Rosmaninho, P Butkeraitis, B Correa, Ta Reis, JI Guerra, R Albuquerque, and me Moro. 2002 Effect of Low Levels of Dietary Aflatoxin B1 on Laying Japanese Quail; *Poultry Science*, Vol 81, Issue 7, 976-980
- Ortíz, R., Valdivia, A. G., Y Acero, G. (1994). Presencia de Afb en alimentos para animales expendidos en Aguascalientes. *Memorias del Simposio: La Investigación y el Desarrollo Tecnológico en Aguascalientes, I, 3. Aguascalientes, México.*
- Osborne, D. J., Huff, W. E., Hamilton, P. B. Y Burtmeister, H. R. (1982) Comparison of Ochratoxin, Aflatoxin, and T-2 Toxin for their effects on Selected Parameters Related to Digestion and evidence for Specific Metabolism of Caratenoids in Chickens. *Poultry Science*. 61:1646-1652.
- Osuna, S (1989). "Micotoxinas De Importancia En Avicultura". *Curso De Actualización Sobre Micotoxicosis Aviar. Asociación Nacional De Especialistas En Ciencias Avícolas De México. México D. F. Mazo, 82-99*
- Patterson, D. S. P. Y Roberts, B. A. (1970) The Formation Of Aflatoxins B1, And G1, And Their Degradation Products During The In Vitro Detoxification Of Aflatoxin By Livers Of Certain Avian And Mammalian Species. *Food Cosmetology And Toxicology*. 8:527-538.
- Peña, D., Y Durán De Bazua, M. C. (1990). Efecto tóxico de las aflatoxinas en la dieta. *Ciencia y Desarrollo*, 16, 61-70.
- Pérez, M.L.; Soto, B.J.; Román, R.; Angulo, I.; Arrieta, D.; Valeris, R. Efectos de la aflatoxina B1 sobre la producción de huevos de consumo. *Rev. Científ. Fcv-Luz. Xi (4):337-341. 2001.*
- Pier, A.C. (1973) Effects of aflatoxin on immunity. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 163:1268-1269.

- Pitt, J.I. Y Miscamble, B.F. (1995). Water Relations of *Aspergillus Flavus* And Closely Related
- Prathapkumar, S. H., Rao, V. S., Paramkidhan, R. J., Bhat, R. V. (1997). Disease Outbreak in Laying Hens Arising From The Consumption of Fumonisin-Contaminated Food. *Br. Poult Sci* 38(5): 475 – 479
- Primiano, T. Sutter, T. R. Kensler, T. W. (1997) Antioxidant-Inducible Genes, *Advances In Pharmacol.* 38: 293–328.
- Primiano, T. Li, Y., Kensler, T. W., Trush, M. A. Y Sutter, T. R. (1998) Identification of Dithiolethione-Inducible Gene-1 as a Leukotriene B4 12-Hydroxydehydrogenase: Implications for Chemoprevention, *Carcinogenesis.* 19: 999–1005.
- Prochaska, H. J. Y Talalay, P. (1988) Regulatory Mechanisms of Monofunctional And Bifunctional Anticarcinogenic Enzyme Inducers In Murine Liver, *Cancer Research.* 48: 4776–4782.
- Quezada, T., H. Cuellar, F. Jaramillo-Juárez, A. G. Valdivia, And J. L. Reyes. 2000. Effects of Aflatoxin B1 in the Liver and Kidney of Broiler Chickens during Development. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 125:265-272.
- Quintana, L. J. A. 1999. Avitecnia, Manejo de las aves domésticas más comunes. Ed. Trillas, México, D. F. Pp. 11 – 22
- Qureshi, M.A., J. Brake, P.B. Hamilton, W.M. Hagler, and S. Nesheim, 1998, Dietary Exposure of Broiler Breeders to Aflatoxin Results In Immune Dysfunction In Progeny Chicks, *Poult. Sci.* 77:812-819.
- Raisuddin, Singh, K. P., Zaidi, S. Y., Saxena, A. K., And Ray, P. K. (1990). Effects of Aflatoxin on Lymphoid Cells of Weanling Rat. *J. Appl. Toxicol.* 10:245 - 250
- Raj, H. G., and Lotlikar, P. D. (1984). Urinary Excretion of Tiol Conjugates of Aflatoxin B1 in Rats and Hamsters. *Cancer Let.* 22: 125 - 133
- Rao, V. N. Y Joshi, H. C. (1993) Effect of Certain Drugs on Acute Induced Aflatoxicosis in Chicken (4 Mg Afaltoxin B1/Kg Bwt). *Indian Veterinary Journal.* 70:344-347.
- Reddy, D. N., Rao, P. V., Reddy, V. R. Y Yadgiri, B. (1984) Effect Of Selected Levels of Dietary Aflatoxin on the Performance of Broiler Chicken. *Lndian Journal of Animal Science.* 54:68-73.
- Reyes, J. L., Hernandez, M. E., Melendez, E., Gomez-Lojero, C. (1996) Inhibitory Effect of the Antioxidant Ethoxyquin oOn Electron Transport in the Mitichondrial Respiratory Chain. *Biochemical Pharmacology.* 49(3):283-289.

- Richardson, K. E. Y Hamilton, P. B. (1987) Enhanced Production of Pancreatic Digestive Enzymes during Aflatoxicosis in Egg-Type Chickens. *Poultry Science*. 66:640-644.
- Rizzi L, Simioli M, Roncada P, Zaghini A. 2003. Aflatoxin B1 And Clinoptilolite In Feed for Laying Hens: Effects on Egg Quality, Mycotoxin Residues In Livers, and Hepatic Mixed-Function Oxygenase Activities. *J. Food Prot.* 66:860-5.
- Rizzi, L., A. Zaghini, M. Simioli, and G. Martelli. 2001. Egg quality as affected by fumonisin and esterified glucomannan in laying hen feed. Pages 439–440 in *Recent Progress in Animal Production Science*. 2. Proceedings of the ASPA, XIV Congress, Firenze, Italy. M. Antongiovanni, Ed. Casa Editrice Giraldi, San Lazzaro di Savena, Bologna, Italy.
- Rustom, I.Y. 1997, Aflatoxin in Food and Feed, Occurrence, Legislation and Inactivation by Physical Methods. *Food Chemistry*, 59, 57-67
- Santin Elizabet, Antonio Paulillo, Elex Maiorka. 2003. Evaluation of The Efficacy Of *Saccharomyces Cerevisiae* Cell Wall to Ameliotare the Toxic Effects of Afltoxins in Broilers *International Journal of Poultry Science* 2 (5): 341-344, 2003
- Salwa a. Aly and W. Anwers 2009 Effectas of Naturally Contaminated Feed with Aflatoxins on Performance of Laying Hens and the Carryover of Aflatoxin B<sub>1</sub> Residues in Table Eggs *Pakistan Journal of Nutrition* (2): 181-186.2009 ISSN 1680-5194
- Sharlin, J. S., Howarth, B. Jr. Y Wyatt, R. D. (1980) Effect of dietary Aflatoxin on Reproductive Performance of Mature White Leghorn Males. *Poult. Sci.* 59:1311-1315.
- Sharlin, J. S., Howarth, B. Jr., Thompson, F. N. Y Wyatt, R. D. (1981) Decreased Reproduce Potential and Reduced Feed Consumption in Mature White Leghorn Males Fed Aflatoxin. *Poultry Science*. 60:2701-2708.
- Sharma, R. P. 1993. Immunotoxicity of Mycotoxins. *J. Dairy Sci.* 76, 892–897.
- Sims WM, Jr, Kelley DC, Sanford PE. A study of aflatoxicosis in laying hens. *Poult Sci.* 1970 Jul; 49(4):1082–1084.
- Sklan D., E. Klipper, and A. Frieman. The effects of chronic feeding of diacetoxyscirperanol, t-2 toxin, and aflatoxina on performance, Health, and Antibody Production In Chicks; 2001 *J. Appl. Poultry Res.* 10:79-85
- Skrinjar M, Ristic M, Grbic Z. (1995). Contamination of Broiler Chickens Mash and Litter With Moulds, Aflatoxin, Ochratoxin A and Zearalenone. *Acta Vet Hung* 43(1): 117 – 124

- Slattery, J. T., Wilson, J. M., Kalhorn, T. F., Y Nelson, S. D. (1987). Dose Dependent Pharmacokinetics of Acetaminophen: Evidence of Glutathione Depletion in Humans. *Clin. Pharmacol. Therap.* 41: 413-418.
- Stubblefield, R. D. And Shotwell, L. O. (1981).” Determination of Aflatoxins in Animal Tissues”. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 64 (4):964 - 968
- Tung, H. T., R. D. Wyatt, and P. B. Hamilton. 1973. Impairment of Kidney Function during Aflatoxicosis. *Poult. Sci.* 52:873-878.
- Tung, H. T., Cook, F. W., Wyatt, R. D. Y Hamilton, P. B. (1975b) The Anemia Caused By Aflatoxin. *Poultry Science.* 54:1962-1969.
- Tung, H. T., Wyatt, R. D., Thaxton, P. Y Hamilton, P. B. (1975a) Concentrations of serum proteins during aflatoxicosis. *Toxicology Applied Pharmacology.* 34:320-326.
- Tsuji, K., Gopalan, P., Lehmann K., Kimura, M., Horiuchi, A., Sato, K. And Lotlikar, P. D. (1992). Species and Sex Differences of Aflatoxin B1-Induced Glutathione S-Transferase Placental Form In Single Hepatocytes. *Cancer Letter.* 66: 249 - 254
- Tyczkowski, J. K., Schaeffer, J. L., Y Hamilton, P. B. (1991) Measurement of Malabsorption of Carotenoids in Chickens With Pale Bird Syndrome. *Poultry Science.* 70:2275-2279
- Unión Nacional De Avicultores 2007 [www.Una.Com.Mx](http://www.Una.Com.Mx).
- Udeh, K. O., Y Achremowicz, B. (1994). Production of Yeast Biomass with Elevated Content of Glutathione. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 3, 93-100.
- Ulland, B. M, Weisburger, J. H, Yamamoto, R. S. Y Weisburger, E. K. (1973) Antioxidants And Carcinogenesis: Butylated Hydroxytoluene, But Not Diphenyl-P-Phenylenediamine, Inhibits Cancer Induction By N-2-Fluorenylacetamide and By N-Ydroxy-N-2-Fluorenylacetamide in Rats. *Food Cosmetology and Toxicology.* 11(2):199-207.
- Valdivia, A. G., A. Martínez, F. J. Damián, T. Quezada, R. Ortiz, C. Martínez, J. Llamas, M. L. Rodriguez, L. Yamamoto, F. Jaramillo, M. G. Loarca-Piña, And J. L. Reyes. 2001b. Efficacy of n-acetylcysteine to reduce the effects of Aflatoxin B1 intoxication in broiler chickens. *Poult. Sci.* 80: 727-734.
- Van Egmond, H. P. (1994). Aflatoxins In Milk. En D. L. Eaton Yy J. D. Groopman, (Eds.), the Toxicology of Aflatoxins. Human Health, Veterinary, And Agricultural Significance (Pp. 365-382). San Diego: Academic Press.
- Voigt, M. N., Tye, T. M., Park, L. E., Wright, J. M. Y Hall, D. E. (1987) Lnfuence of Avian Aflatoxicosis the Synthesis of Polyamines. *Poultry Science.* 66:1217-1223.

- Wang, Z. Y., Cheng, S. J., Zhou, Z. C., Athar, M., Khan, W. A., Bickers, D. R. Y Mukhtar, H. (1989) Antimutagenic Activity of Green Tea Polyphenols. *Mutation Research*. 223: 273-285
- Wattenberg Lw. (1978) Inhibitors of Chemical Carcinogenesis. *Advances in Cancer Research*. 6:197-226.
- Wattenberg Lw. (1972) Inhibition o Carcinogenic and toxic Effects of Polycyclic Hydrocarbons by Phenolic Antioxidants and Ethoxyquin. *Journal of National Cancer Institute*. 48(5):1425-30.
- Wilson, R., Ziprin, R., Ragsdale, S., and Busbee, D. (1985). Uptake and Vascular Transport of Ingested Aflatoxin. *Toxicol. Lett*. 29:169 - 176
- Wilson, D. M., Y Payne, G. A. (1994). Factors Affecting *Aspergillus Flavus* Group Infection and Aflatoxin Contamination of Crops. En D. L. Eaton Y J. D. Groopman, (Eds.). *The Toxicology of Aflatoxins. Human Health, Veterinary, And Agricultural Significance* (309-326). San Diego: Academic Press
- Yu, S. Z. (1995) Primary Prevention Of Hepatocellular Carcinoma. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 10:674-682.
- Zaghini A., P. Anfossi, And C. Montesissa. 1997. Aflatoxin B1 administration at two different Dosage Levels to Growing Lambs: Effects on Hepatic Mixed Function Oxidase Activities. *Pharmacol. Res*. 35:212–213
- Zaghini A., G. Martelli, P. Roncada, M. Simioli, and I. Rizzi. 2005. Mannanligosaccharides and Aflatoxin B1 in Feed for Laying Hens: Effects on Egg Quality, Aflatoxins B1 and M1 Residues in Eggs, and Aflatoxin B1 Levels in Liver. *Poult Sci*. 84: 825-32
- Zapponi, G., Camoni, I., Dommarco, R. Y Gabriele, M. (1988) Exposure to Agricultural Treatment Residues: Some Simple Statistical Considerations Based on Monitoring data for Ethoxyquin on Apples. *Ecotoxicol Environ Safety*. 16:143-147.
- Ziegler, R. G. (1991) Vegetables, Fruits, and Carotenoids and Risk of Cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53:251-259.