

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LEVADURAS PROVENIENTES DE
ECOSISTEMAS COLOMBIANOS EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE
ENGORDE**

Natalia López Hernández, Z, MSc (candidata)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA
MAESTRÍA SALUD Y PRODUCCIÓN ANIMAL
LÍNEA NUTRICIÓN DE MONOGÁSTRICOS
Bogotá, 2008**

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LEVADURAS PROVENIENTES DE
ECOSISTEMAS COLOMBIANOS EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE
ENGORDE**

Por: Natalia López Hernández, Z, MSc (candidata)

**Trabajo de grado presentado para optar al título de MAGÍSTER EN SALUD Y
PRODUCCIÓN ANIMAL**

DIRIGIDO POR:

Dr. Germán Afanador Téllez, MSc Ph.D

Codirectora: Dr. Claudia Janeth Ariza Nieto, MSc Ph.D

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA
MAESTRÍA SALUD Y PRODUCCIÓN ANIMAL
LÍNEA NUTRICIÓN DE MONOGÁSTRICOS
Bogotá, 2008**

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

Director

DIRECTIVAS UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

BOGOTA

RECTOR	Dr. Moisés Waserman
VICERRECTOR GENERAL Sanín	Dr. Francisco Gutiérrez
VICERRECTOR ACADÉMICO	Dr. Virgilio Niño
VICERRECTOR DE SEDE	Dr. Fernando Montenegro
SECRETARIO GENERAL	Dr. Jorge Durán Pinzón

DIRECTIVAS FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y DE ZOOTECNIA

DECANO Fornaguera	Dr. Juan Evangelista Carulla
VICEDECANO ACADÉMICO	Dr. Gonzalo Mejía Ortega
DIRECTORA DE BIENESTAR	Dra. Myriam Acero Aguilar
DIRECTORA DE PROGRAMAS DE POSGRADO	Dra. Claudia Jiménez Escobar
DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE CIENCIAS PARA LA SALUD ANIMAL	Dra. Lucia Botero Espinosa
DIRECTOR DE CIENCIAS PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL	Dr. Gustavo Álvaro Wills Franco
SECRETARIA ACADÉMICA	Dra. Gloria Amparo Casas Bedoya

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Yo declaro que, todo el trabajo reportado en esta tesis fue realizado por mí, a excepción de los siguientes aspectos:

Los análisis y cuadros hemáticos fueron realizados por el Dr. Carlos Moreno del Laboratorio Clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, y la Doctora Rocío Patiño, del Centro de Investigación en Salud Animal (CEISA) de CORPOICA.

Las láminas de histología de los segmentos intestinales fueron preparadas por Señor Alberto Cárdenas.

El stock de levaduras nativas fueron preparadas por el grupo de investigación de CORPOICA: Microbiología Ruminal de los Ecosistemas Tropicales, Nutrición y Fisiología Digestiva de Rumiantes y Control Biológico de Plagas Agrícolas.

Los análisis de ácidos grasos volátiles fueron realizados por Marilce Castro.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia, en gratitud por la formación académica y personal recibida en ella.

Al Dr. Germán Afanador Téllez, por su amistad y asesoramiento permanente, quien con sus orientaciones y sugerencias, hizo posible el desarrollo del trabajo experimental y la elaboración del documento final.

A la Dra. Claudia Ariza por su amistad, y el apoyo logístico y académico brindado durante el desarrollo del trabajo.

A CORPOICA, por toda la colaboración al poner a disposición recursos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

A los Grupos de Investigación de CORPOICA: Microbiología Ruminal de los Ecosistemas Tropicales, Nutrición y Fisiología Digestiva de Rumiantes y Control Biológico de Plagas Agrícolas, Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA y Centro de Investigación en Salud Animal (CEISA)

Al Señor Hugo Ballesteros, investigador del centro de investigación CORPOICA, experto en calidad de canes. Al Doctor Javier Hernández de la empresa DISAN por el aporte de una de las levaduras utilizadas en los experimentos.

Al Laboratorio Nacional de Insumos Pecuarios –LANIP, al Laboratorio de Morfología y al Laboratorio Clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia y al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, por los permisos concedidos para realizar los análisis parte de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible el desarrollo y elaboración del documento final.

A mis padres y hermanos por su amoroso, constante e incondicional apoyo.

A mis amigos y compañeros Yesid, Andrés, Claudia, Diana, Wilmer y Ximena por todas las alegrías compartidas durante el desarrollo de la maestría.

CON CARIÑO, NATALIA

RESUMEN

Dentro de las estrategias estudiadas para mejorar las condiciones estructurales del TGI en las aves, se encuentra el empleo de nuevos aditivos nutricionales y funcionales. Estas posibilidades, recientemente se ha enmarcado en la evaluación de algunas alternativas naturales. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial funcional y nutricional de tres (3) diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales Colombianos, en la alimentación de pollos de engorde machos y sus efectos sobre el desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos, incidencia de ascitis, digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable. Además, las variaciones en el crecimiento alométrico del sistema digestivo, morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora del ciego. Para esto se diseñaron tres bioensayos, en los cuales, los pollos durante 36 días, fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (0.5% de la dieta de 3 diferentes cepas de levaduras nativas y dos controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y un control sin levadura), se realizaron comparaciones de los valores promedio de cada una de las variables respuesta con nivel de significancia ($P < 0.05$) mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). En este estudio, en los grupos de pollos que recibieron levaduras, durante la fase de crecimiento y el ciclo completo (0-35 días), observaron mejores ganancias de peso corporal (con diferencias estimadas de 107 y 137 g, respectivamente), unas mejores eficiencias y conversiones alimenticias (con diferencias estimadas de 4% y 0.11, respectivamente), con respecto al grupo control. Además, el peso corporal en canal y de la rabadilla, fueron superiores (con diferencias estimadas de, 158 g y 1.5%, respectivamente). Estos valores fueron soportados por una relación ventrículo derecho/ventrículo total (VD/VT) mayor, (con una diferencia estimada de 0.06), posiblemente por la alta exigencia de oxígeno para que los pollos alcanzaran su máximo potencial de crecimiento en condiciones de altitud. Los valores de la EMA y EMAn fueron más altos para el control comparado con las

levaduras, con diferencias estimadas de (165 Kcal/kg para la EMA) y (149 Kcal/kg para la EMAn). Sobresale la levadura 1 con una mayor ingestión de EMA y EMAn (876 y 871 kcal/PC^{0.75}/día, respectivamente). Las diferencias estimadas a favor de la inclusión de levaduras fueron para la profundidad de la cripta en duodeno y yeyuno de 35 μ m y 8 μ m, respectivamente. La relación vellosidad cripta en duodeno y yeyuno fue de -0.97 y -1.1, respectivamente. Las diferencias para los ácidos propiónico e isobutírico, fueron de 0.64 mmol/ml y de 0.08 mmol/ml, respectivamente. Desde el punto de vista económico, los ingresos parciales, fueron mayores con pollos que recibieron levaduras. En conclusión este trabajo de tesis muestra efectos cualitativos y cuantitativos de la suplementación de levaduras como aditivos funcionales y la relevancia bio-económicas de algunas levaduras nativas, comparadas con productos comerciales con una posición en el mercado.

Palabras clave:

Aditivos, nutrición, aves, desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos, ascitis, digestibilidad de nutrientes, tracto gastrointestinal, morfometría, ácidos grasos volátiles.

ABSTRACT

One of the strategies studied to improve the structural conditions of the GIT of broilers is the employment of new nutritional and functional additives. Among these possibilities, recently the employment of yeasts has been evaluated in the poultry feeding systems. The objective of this thesis was to evaluate the functional and nutritional potential role of 3 different strains of isolated yeasts from native fruits of Colombian ecosystems in the feeding of males broiler and its effects on the productive performance, quality of the carcass, hematological parameters, incidence of Ascitis, digestibility of nutrients and energy metabolizability were evaluated. Besides, the variations in allometric growth of the digestive system, intestinal villus morphometry and products of the cecal microflora. Three bioassays were designed, in which the chicks were distributed at random in 6 treatments (0.5% of the diet of 3 different native yeasts, two controls with commercial yeasts (Levapan® dry presentation and AB vista®) and a control group without yeast). We carried out comparisons of the means with a level of significance of ($P < 0.05$) by SAS program version 9. (SAS, 2002). A positive effect was observed in the productive performance of broilers that received the diets with yeasts, compared with the control group in terms of qualitative and quantitative effects, showing the yeasts as a relevant functional additive for the feeding systems of broilers.

Key words: Aditives, feeding, broilers, performance, quality carcass, parameters hematology, Ascitis, energy, growth, digestive system, intestinal morphology, volatile fatty acids.

ÍNDICE GENERAL

Capitulo 1. Introducción general	1
1.2. Bibliografía	4
Capitulo 2. Uso de Levaduras en Nutrición	6
2.1. Uso de Levaduras en Nutrición Animal	6
2.2. Levaduras y el concepto de exclusión competitiva (EC)	11
2.3. Estructura del Intestino, Metabolismo Energético y Mananos	12
2.4. Refuerzo de la Función Inmune Intestinal y Levaduras	13
2.5. Protección contra Micotoxinas	16
2.6. El papel de las Levaduras en el Síndrome de Ascitis.	17
2.7. Pasos del proceso de manufactura de las levaduras	18
2.8. Uso de levaduras de frutas para en la generación de productos de innovación	19
2.9. Bibliografía	21
Capitulo 3. Generalidades de la estructura del Intestino de las Aves: su importancia en la caracterización del papel funcional de las Levaduras	28
3.1. Generalidades de la estructura del Intestino de las Aves	28
3.2. Anatomía microscópica del tracto gastrointestinal de las aves	29
3.3. El desarrollo del tracto gastrointestinal de las aves	31
3.4. Productos de las poblaciones de microorganismos entéricos	33
3.5. Alteraciones de la Morfología Intestinal causadas por la Dieta	35
3.6. Bibliografía	36
Capitulo 4. Evaluación de levaduras en dietas para pollos de engorde machos y su influencia sobre el desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos e incidencia de Ascitis.	39
4.1. Resumen	39

4.2. Introducción	40
4.3. Materiales Y Métodos	42
4.4. Resultados	49
4.5. Discusión	65
4.6. Conclusión	69
4.7. Bibliografía	69

Capitulo 5. Evaluación de la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable de dietas para pollos de engorde con inclusión levaduras.

	73
5.1. Resumen	73
5.2. Introducción	74
5.3. Materiales Y Métodos	76
5.4. Resultados	81
5.5. Discusión	86
5.6. Conclusión	88
5.7. Bibliografía	88

Capitulo 6. Evaluación del efecto de la inclusión de las levaduras como aditivo alimenticio, sobre el crecimiento alométrico del sistema digestivo, morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en el ciego de pollos de engorde machos.

	90
6.1. Resumen	90
6.2. Introducción	91
6.3. Materiales Y Métodos	93
6.4. Resultados	98
6.5. Discusión	118
6.6. Conclusión	121
6.7. Bibliografía	122

7. Conclusiones y Recomendaciones	125
--	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Composición de las dietas experimentales.	44
Tabla 4.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el consumo de alimento total de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento).	50
Tabla 4.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la ganancia de peso corporal por fase y acumulado de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento).	52
Tabla 4.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la eficiencia alimenticia por fase y acumulada de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento) (0-35 días de edad).	53
Tabla 4.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la conversión alimenticia por fase y acumulada de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento).	55
Tabla 4.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el peso en pie, peso en canal, rendimiento en canal, cantidad relativa de pechuga, pierna pernil, alas-costillar y rabadilla de pollos de engorde machos.	57
Tabla 4.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la fuerza de corte de pechuga y pierna, pérdida de agua por goteo, pérdida de agua por cocción de pechuga y pierna de pollos de engorde machos.	58

Tabla 4.8. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los parámetros Hematológicos de pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

59

Tabla 4.9. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre Parámetros Hematológicos y la relación heterófilos/ linfocitos en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

60

Tabla 4.10. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la relación ventrículo derecho/ventrículo total en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

61

Tabla 4.11. Frecuencias relativas de la hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

61

Tabla 4.12. Frecuencias relativas de riesgo directo de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

62

Tabla 4.13. Frecuencias relativas de riesgo relativo de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

63

Tabla 4.14. Frecuencias relativas Odds Ratio de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

64

Tabla 4.15. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los costos e ingresos parciales en pollos de engorde machos a los 36 días de edad

65

Tabla 5.1. Composición de la dieta durante el periodo de iniciación (8-24 días de edad).

78

Tabla 5.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína, energía metabolizable aparente y corregida por nitrógeno total en pollos de engorde machos (22-26 días de edad). 82

Tabla 5.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los coeficientes de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína, en pollos de engorde machos (22-26 días de edad). 83

Tabla 5.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la ingestión de energía, metabolizabilidad de la dieta, disponibilidad neta de energía metabolizable y energía retenida como proteína y grasa en pollos de engorde machos. 84

Tabla 5.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas en pollos de engorde machos sobre la tasa de retención de energía (TRE) y tasa de retención de proteína (TRP), durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad) e iniciación (8-24 días de edad). 86

Tabla 6.1. Composición de las dietas experimentales. 95

Tabla 6.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento duodeno de pollos de engorde machos a los 22 días de edad. 112

Tabla 6.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento yeyuno de pollos de engorde machos a los 22 días de edad. 113

Tabla 6.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento ileon de pollos de engorde machos a los 22 días de edad. 114

Tabla 6.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 8 días de edad. 115

Tabla 6.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 15 días de edad. 116

Tabla 6.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 22 días de edad . 117

Índice de figuras

Figura 6.1. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del proventrículo de pollos de engorde machos	99
Figura 6.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de proventrículo con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	100
Figura 6.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de la molleja con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	101
Figura 6.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de el duodeno con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	102
Figura 6.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de el ileon con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	103
Figura 6.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de los ciegos con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	104
Figura 6.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del colon de pollos de engorde machos	105
Figura 6.8. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de el colon con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos	106

Figura 6.9. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la altura de la vellosidad del duodeno de pollos de engorde machos.

107

Figura 6.10. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del duodeno de pollos de engorde machos.

108

Figura 6.11. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del yeyuno de pollos de engorde machos.

109

Figura 6.12. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del área aparente de la vellosidad del duodeno de pollos de engorde machos.

110

Figura 6.13. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del área aparente de la vellosidad del ileon de pollos de engorde machos.

111

Capítulo 1. Introducción general

La diversidad biológica incluye las especies de plantas, animales y microorganismos que se encuentran en un lugar determinado. Cobija todos los grados de variedades de la naturaleza biológica, incluyendo el número y frecuencia de los genes, las especies vivientes, las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas (Andrade, 1990). Colombia es el segundo país más megadiverso del mundo (Andrade, 1990), por debajo de Brasil y con siete veces menor extensión; lo cual lo convierte en un territorio único para estudiar y aprovechar la biodiversidad, recopilar los recursos genéticos y evitar su extinción (Agudelo, 2006). Por tales razones, hay que considerar el potencial del país como verdadero mosaico ecológico y biogeográfico, aprovechando sus beneficios agregados para la seguridad alimentaría, la medicina, la industria, su valor estético natural y su aporte al equilibrio global.

Haciendo referencia a la innovación de productos de origen biotecnológico, la industria avícola del país muestra una demanda creciente, debido a las expectativas por parte de los consumidores de productos de alta calidad. En este contexto, la competitividad en la comercialización de este tipo de productos conduce al aprovechamiento de la diversidad autóctona y la generación de procesos locales asociados con la producción de alimentos completos. El desarrollo de aditivos para la alimentación animal se circunscribe en la actualidad, a la búsqueda de cepas de levaduras nativas con características multifuncionales, para lo cual son importantes procesos de investigación estratégica, pues cada variedad tiene sus peculiaridades y se precisa del conocimiento profundo de sus características para así, aprovechar sus cualidades nutricionales, optimizando los pasos que sean necesarios para obtener un producto equilibrado y de calidad.

En la actualidad, el uso de promotores de desempeño, en la producción avícola, está bajo examen, debido a que han sido implicados en la principal causa de

resistencia microbiana. Frente a esta problemática se están desarrollando actualmente alternativas al uso de antibióticos desde diferentes aspectos entre los que se encuentran: normas de bioseguridad y manejo, vacunación, selección genética, la exclusión competitiva y el desarrollo de productos multifuncionales como: probióticos, prebióticos, oligosacáridos (mananoligosacáridos y fructooligosacáridos), ácidos orgánicos (fumárico) y extractos vegetales (aceites esenciales de orégano), entre otros. Los oligosacáridos son considerados como las alternativas más promisorias al uso de los APPs, pues facilitan y apoyan la relación simbiótica entre el hospedero y su microflora. Manano-oligosacáridos, son derivados de la superficie celular de las levaduras, específicamente de su pared celular. Estos compuestos tienen una alta afinidad ligante, ofreciendo un sitio competitivo obligatorio para un determinado tipo de bacterias, además, estos glicomananos, en las condiciones de pH del intestino, son capaces de adherirse selectivamente e inactivar micotoxinas en el lumen intestinal.

En los últimos años han sido desarrolladas importantes investigaciones sobre el uso de levaduras y su incidencia en la salud y productividad animal. (Cuaron, 2000; Lesson y Summers, 2001; Newbold, 2003; Van Vuuren, 2003). Reportándose dentro de las levaduras más usadas en producción animal las levaduras: *Saccharomyces cerevisiae* (SC), *Saccharomyces boulardii*, *Cryptococcus curvatus*, *Candida utilis* o *Torula utilis*, pues las proteínas de estas levaduras son de gran valor biológico (Corpoica, 2004). Las frutas son microhábitat importantes para una gran variedad de levaduras, debido a su alta concentración de azúcares simples, bajo pH e intensa visita de insectos vectores (Trindade, et. al., 2002). En estos substratos las levaduras micocinogénicas, proteolíticas y pectinolíticas participan en una variedad de procesos bioquímicos y ecológicos, jugando un papel importante en las características de la fruta, entre estas la maduración.

En la primera fase el grupo de investigación, se llevó a cabo la caracterización e identificación de 100 cepas de levaduras procedentes de frutales de

ecosistemas Colombianos (Banco de Germoplasma Corpoica), que dio como resultado la selección de 6 cepas, consideradas relevantes por su producción de biomasa y contenido de nutrientes como: proteína cruda, pared celular, selenio y vitamina B12, de estas levaduras, 3 cepas fueron seleccionadas aleatoriamente para ser evaluadas en pollos de engorde. Las tres levaduras objeto de este estudio fueron: la accesión No. 008 *Cryptococcus humicola*, aislada de Manzanas (*Pyrus mulas*) cultivadas en Nuevo Colón, Boyacá, Colombia. La No. 077 correspondiente como *Cryptococcus laurentii*, aislada de Granadillas (*Pasiflora lingularis*) cultivadas en Río Negro, Antioquia, Colombia. Y la No. 196, *Cryptococcus humicola* aislada de Lulo (*Solalum quitoensi*) cultivados en Río Negro, Antioquia, Colombia. La identificación de estas levaduras fue realizada por el Laboratorio de Control Biológico y el Centro de Biotecnología y Bioindustrias de CORPOICA (Cotes, 2006, comunicación personal).

El Objetivo General de este estudio fue caracterizar y evaluar, nutricional y funcionalmente tres cepas de levaduras provenientes de ecosistemas Colombianos como aditivo multifuncional en dietas para pollos de engorde. Con los siguientes objetivos específicos:

- a) Estudiar el efecto de la inclusión de tres cepas de levaduras nativas y dos levaduras de uso comercial como aditivo alimenticio (0.5% de la dieta), en dietas para pollos de engorde machos sobre el comportamiento productivo de las aves, mediante el análisis de la ganancia de peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia e índices de rendimientos de la canal y sus fracciones.
- b) Evaluar el efecto de la suplementación de levaduras sobre la calidad de la canal de pollos de engorde machos, mediante la evaluación de pérdidas de agua por goteo, pérdidas por cocción y terneza de la carne.
- c) Evaluar el efecto de la suplementación de levaduras sobre parámetros hematológicos y la incidencia de Ascitis Aviar en pollos de engorde machos, durante un ciclo de 36 días.

- d) Determinar la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable de dietas para pollos de engorde machos con la inclusión de tres cepas de levaduras nativas y dos levaduras de uso comercial.
- e) Estimar los efectos de la inclusión de las levaduras como aditivo alimenticio (0.5% de la dieta), sobre el crecimiento alométrico del sistema digestivo de pollos de engorde machos y la morfometría de vellosidades intestinales de pollos de engorde machos.
- f) Estudiar el efecto de la inclusión de levaduras como aditivo alimenticio (0.5% de la dieta), en dietas para pollos de engorde machos sobre el pH de la digesta del ciego y productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles: acético, propiónico, isobutírico y butírico).
- g) Realizar un análisis de presupuestos parciales para evaluar la viabilidad económica de la inclusión de levaduras en dietas para pollo de engorde.

En este documento se presentan los resultados de la investigación para alcanzar los objetivos descritos mediante la siguiente estructura. En el capítulo 2., se presenta el marco teórico del estudio, en los capítulos 3, 4 y 5, la metodología, resultados y discusión de cada uno de los bioensayos realizados. El capítulo 3., trata de la evaluación de la inclusión de levaduras en dietas para pollos de engorde machos sobre el desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos e incidencia de ascitis, el capítulo 4., muestra los efectos de las levaduras sobre la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable de dietas para pollos de engorde y el capítulo 5., la evaluación del efecto de la inclusión de levaduras como aditivo alimenticio, sobre el crecimiento alométrico del sistema digestivo, morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en el ciego de pollos de engorde machos.

1.2. Bibliografía

Agudelo S. N. 2006. Recursos Genéticos: ¿Protección O Usurpación? Las aristas de la biopropiedad. Manizales. http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=67&I

Andrade, G. 1990. Colombia, ¿Megadiversidad o megaextinción? En: Revista Ecológica. No. 5. Bogotá.

Corpoica, 2004. Desarrollo de productos derivados de la fermentación de levaduras para mejorar la eficiencia nutricional en monogástricos y/o rumiantes en condiciones tropicales. Proyecto Colciencias - Universidad Nacional de Colombia

Cotes, A. M. 2006. Investigador principal Laboratorio de Control biológico. Directora del Centro de Biotecnología y Bioindustrias, CORPOICA.

Cuaron, I. J. A. 2000. Influencia de las levaduras en la dieta, respuesta microbiológica antagonista. Simposio sobre aditivos alimenticios alternativos en la nutrición animal, Campinas SP.

Lesson, S., and J. D. Summers. 2001. Scott's Nutrition of the chicken. 4th. Edition. University Books. Guelph-Ontario, Canada.

Newbold, C. J. 2003. Probiotics, principles for the use in ruminant nutrition, pages 29-40: in role of probiotics and the link to the use to the demands of European consumers. ID Lelista report 03/0002713

Trindade, R.C., Resende, M. A., Silva, C. M., and Rosa, C. A. 2002. Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulps of Brazilian Tropical Fruits. System. Appl. Microbiol. 25, 294-300.

Van Vuuren, A. M. 2003. Effects of live yeast on the performance of dairy cows, pages 29-40: in role of probiotics and the link to the use to the demands European consumers 11 February 2003. ID Lelista report 03/0002713.

Capítulo 2. Uso de Levaduras en Nutrición Animal

2.1. Uso de Levaduras en Nutrición

En la actualidad existen aproximadamente 700 especies de levaduras reconocidas y clasificadas, y su taxonomía se basa en las características morfológicas, de cultivo, sexuales y fisiológicas (Banuart, 1982). Dentro de las levaduras más ampliamente usadas en nutrición y alimentación animal considerando el valor biológico de sus proteínas se encuentran *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii*, *Cryptococcus curvatus*, *Candida utilis* o *Torula utilis*, (Corpoica, 2004).

Las levaduras contienen todos los aminoácidos esenciales necesarios para el hombre y los animales, pero los únicos que se encuentran en una baja concentración son L-cisteína y L-metionina (Londoño, 1991). La levadura seca proveniente de destilería de alcohol de caña de azúcar es una buena fuente de proteína y de lisina, lo cual puede favorecer su inclusión en sistemas de alimentación de aves en combinación con cereales como el maíz (Moreira et al., 1996). Constituye igualmente, una buena fuente de leucina, treonina, vitaminas del complejo B, carbohidratos, lípidos y minerales (Almeida, et. al., 2002).

Las levaduras presentan una composición química básica de 33% a 46% de carbohidratos, principalmente de reserva como glicógeno y trealosa, 38% a 50% de proteínas, 3% de bases nitrogenadas, 1% de amonio, 2% de ácidos grasos insaturados, oleico y linoleico y de esteroides. Presentan también un tenor de 5% a 10% de minerales, siendo el potasio y el fósforo sus principales componentes. El calcio, magnesio y sodio están presentes en forma de sulfitos (Baccarin, 1999). La pared celular de la levadura está compuesta principalmente de polisacáridos en la forma de polímeros D -glucosa (β - glucanos), con la unidad glucosil unidas por β -(1;3) y β -(1;6) enlaces glucosídicos. Estos enlaces

son resistentes a las enzimas de mamíferos y en consecuencia la composición química de la pared celular de las levaduras es uno de los componentes que limita la liberación de nutrientes en el tracto digestivo de los pollos (Hussein, et al., 1996).

El valor nutricional de una levadura varía dependiendo del sustrato utilizado para su crecimiento y también del proceso industrial al cual es sometida (Alvarez y Valdivie, 1980). Al respecto, Perdomo, et al., (2004) encontraron valores nutritivos para *Saccharomyces cerevisiae* (SC) y sus componentes: extracto (E) y pared celular (PC), de proteína cruda (N x 6.25) de 52.3, 70.8 y 21.8, respectivamente. En la SC y E encontraron contenidos de: NNP, 1.0% y 1.9%; metionina, 1.0% y 1.2%; cisteína, 0.6% y 0.7%; lisina, 4.3% y 5.6%, respectivamente. Y las digestibilidades verdaderas de materia seca, nitrógeno corregido por ácido úrico y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno para SC, E y PC en aves fueron: DVMS (%), 45.7, 59.7 y 25.0; DVNu (%), 44.8, 64.0 y 33.3; EMVn (kcal/kg), 2425, 2942, y 1244, respectivamente.

La SC es la levadura sobre la cual se comentan el mayor número de estudios de investigación sobre su utilización como aditivo natural en Nutrición Aviar (NRC, 1994, Miazzo y Kraft, 1998, Miazzo, et al., 2001 y Cruickshank, 2002). En estos estudios los niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde varían entre 0.5% y 1.5% (Miazzo et al., 1995, 1998 2001 y 2005) y de 0.2% y 1% (Churchil et al., 2000 y Upendra y Yathiaray, 2003). Los grupos confirman que a estos niveles de inclusión no se afecta el comportamiento productivo de las aves, por el contrario, los promedios zootécnicos se mejoran.

Otros grupos de investigación, la analizan como recurso alimenticio en niveles de inclusión entre el 10% a 15 % como sustituto parcial de la torta de soya en dietas para pollos de engorde (Murakami *et al.*, 1993; Ergül, 1994; Grangeiro *et al.*, 2001).

Las proteínas concentradas de levaduras también han sido usadas como alternativas a la proteína de origen animal. Una de estas fuentes de proteína es el producto comercial NuPro™ Alltech®. (Rutz et al., 2004b). Los análisis de NuPro™ muestran altos contenidos de inositol, considerado como un promotor de crecimiento natural, igualmente se resaltan los contenidos de glutamato y nucleótidos. Estos últimos han demostrado ejercer un efecto positivo sobre la respuesta inmune de los animales (Uavy, 1989).

Esta característica de promotor de crecimiento es resaltada por Rutz et al., (2004b) y soportada por Masse y Weisser, (1994), quienes durante un ciclo comercial de pollos de engorde, suministraron dietas deficientes en vitamina B6 (0.6 mg/Kg) con el suplemento de 2% de levadura de cerveza y un control, observando una disminución en el crecimiento y la aparición de trastornos nerviosos en las aves no suplementadas. Varios estudios también señalan que la inclusión de levaduras mejora el comportamiento productivo de las aves alimentadas con dietas bajas en proteína, sugiriendo así, la posibilidad de reducir la contaminación ambiental, mediante el uso de este tipo de aditivos a nivel comercial. (Kumprechtová et al., 2000; Spring et al., 2000; Santin et al., 2001).

Los efectos sobre la digestibilidad de nutrientes también se han estudiado en las levaduras, y se han relacionado con enzimas activas aminolíticas y proteolíticas contenidas y liberadas por las levaduras en el ambiente gastrointestinal del ave, aumentando de esta manera, la digestibilidad de la materia orgánica. (Jonvel, 1993, KyungWoo Lee, et al., 2006). De otra parte, la enzima fitasa, que recientemente es objeto de numerosos estudios, también es producida por las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, y otros microorganismos como hongos *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis* y algunas otras bacterias que se encuentran en el rumen y en la tierra. La producción comercial de fitasa como suplemento enzimático en dietas es más fácil obtenerla de cultivos microbianos, siendo ésta además, más efectiva en el intestino. En pollos, la hidrólisis del fitato

ocurre principalmente dentro del buche (pH 5-6), el proventrículo y la molleja (pH 2-4). Esto puede explicar, en parte, la efectividad y consistencia de la acción de la fitasa microbial comparada con la procedente de las plantas. También la relación entre inclusión de levaduras en dietas para aves y el aumento de la absorción de minerales Ca, Mg, P y Fe, en aves ha sido reportado por Santomá, (2001).

El valor nutricional de levaduras en términos de deposición de lípidos ha sido evaluada con cepas altas en grasa (HFY), las cuales tienen la habilidad para fermentar substratos baratos, inclusive subproductos que son potencialmente nocivos para el ambiente con una producción de biomasa celular rica en grasa y con cantidades moderadas de aminoácidos y minerales (Hussein, et. al., 1996). En este sentido, una especie de levadura HFY *Cryptococcus curvatus* o formalmente clasificada como *Apiotrichum curvatum* o *Candida curvata* fue evaluada en pollos jóvenes y en gallos adultos, encontrando que la suplementación con HFY en un 6% mejoró la eficiencia alimenticia en comparación con el grupo control (sin adición de grasa). Sin embargo, los pollos de engorde ganan peso más lentamente cuando HFY reemplaza la grasa animal en la dieta y se disminuye la proporción de ácido oleico en la pechuga y en el pernil, pese a la mayor proporción de ácido oleico encontrada en HFY comparada con la grasa animal. La energía metabolizable verdadera de HFY resultó en gallos mas baja, lo cual sugiere que la digestibilidad de la grasa de HFY es muy baja. El tratamiento físico o químico de HFY parece necesario para mejorar los valores de energía de HFY. (Hussein, et al., 1996).

Otro aspecto relevante de las levaduras es que en su forma inactiva, enriquecida con algún micromineral (selenio o cromo) mejora la biodisponibilidad del mineral (Corpoica, 2004). Este tema es de gran interés y en particular en países como: Estados Unidos, Australia, Thailandia y Brasil (Naylor et al., 2000, Edens y Gowdy, 2003, Hess et al., 2003, Rutz, et al., 2004a), existe un interés creciente por la suplementación con seleniometionina, en aves. Las investigaciones

muestran que la seleniometionina no solo es más disponible que el selenito y el selenato de sodio, sino que además puede expresar beneficios en los rendimientos productivos de los animales, tales como: mejora en la conversión alimenticia (Zelenka, 2005), la ganancia de peso corporal (Edens, 2003), la función inmunológica (Hegazy y Adachi, 2000), el emplume de los pollos (Edens, 2003), y la reducción en las pérdidas de rendimiento del pollo después del sacrificio (Edens, 1996). Otros beneficios adicionales de la suplementación con Seleniometionina incluyen el enriquecimiento de la carne (Ryu et. al, 2005) y los subsecuentes beneficios para la salud humana en términos de reducción de cáncer y de enfermedades cardíacas.

El selenio en forma de selenio metionina es incorporado por la levadura en un proceso de biosíntesis realizado durante la fermentación en un sustrato rico en selenio (Kuricova et. al, 2003). La seleniometionina es considerada entonces, como la forma predominante de selenio en la mayoría de los productos de levadura enriquecida (Whanger, 2002), pero esta concentración puede variar marcadamente, representando dificultades para la inclusión en la formulación de alimentos completos para aves.

El requerimiento de Se para pollos de engorde es de 0.15 ppm (NRC, 1994). El nivel máximo de suplementación de Selenio permitido en dietas para aves es 0.30 ppm (NRC, 1994; AAFCO, 2003). Esta suplementación tradicionalmente se ha realizado con fuentes inorgánicas de Selenio, principalmente SS, pero el FDA en el año 2003, aprobó el uso de selenio proveniente de levaduras SY.

La calidad de la canal y una carne de ave con altos tenores proteicos y bajos niveles de grasa, han tratado de ser mejoradas agregando diferentes nutrientes como *Saccharomyces cerevisiae*. (Gagic et al., 2003 y Modirsaneí, et al., 2003). Onifade et al., (1999) y Adejumo et al., (1999), citados por Miazzo, et al., (2005) observaron disminución en el contenido de grasa y mejor rendimiento de la canal cuando agregaron distintos niveles de levadura (entre 0.5% y 6%) en dietas para

pollos de engorde. Miazzo y colaboradores (2005), concluyen que la levadura de cerveza, adicionada a pollos de engorde en la etapa de finalización en un 0.3% en reemplazo de 2/3 de un núcleo vitamínico mineral mejora la calidad de la canal reduciendo la deposición de grasa abdominal y aumentando los pesos de la pechuga y pernil.

La influencia de las levaduras también ha sido evaluada en el comportamiento de pollos de engorde desafiados a estrés por calor, utilizando tres niveles de levaduras en la dieta (0%, 0.25% y 1.25%) en dos ambientes diferentes, uno en el cual se sometieron a una temperatura constante de 24°C y otro en el cual la temperatura osciló entre 24 y 37°C. La adición de cultivos de levaduras, mejoró notablemente los diferentes resultados y rendimientos productivos evaluados en los pollos de engorde sometidos a estrés de calor (Teeter, et al., 1993).

2.2. Levaduras y el concepto de exclusión competitiva (EC)

La contaminación de productos avícolas por *Salmonella* tiene origen principalmente en el tracto intestinal de las aves y especialmente en el ciego, donde la actividad microbiana es mayor (Snoeyenbos et al., 1982, citados por Xiaolun, 2004). Con el objeto de producir productos avícolas dirigidos al consumo humano, libres de *Salmonella*, los estudios se ha interesado en reducir esta contaminación, a través del concepto de exclusión competitiva (EC). Este concepto fue introducido por Nurmi y Rantala en 1973, citados por KyungWoo Lee, et al., (2006) y su objetivo es mantener la microflora beneficiosa para el hospedero a través del estímulo diferencial del crecimiento suprimiendo el de bacterias patógenas. Los productos disponibles exclusión de competitiva incluyen: probióticos, prebióticos, agentes acidificantes, aceites esenciales, entre otros (Xiaolun, 2004).

En particular, *Aspergillus oryzae* y levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*, se han considerado como probióticos (Fox, 1988,; Montes y Pugh, 1993,; Kautz

y Arens, 1998). Los probióticos, se definen como microorganismos vivos que intervienen positivamente en el balance de la flora intestinal (Forero, 1998). Los prebióticos por otra parte, han sido definidos como un ingrediente alimenticio no digestible que afecta benéficamente al hospedero, estimulando el crecimiento y/o limitando selectivamente, la actividad de microorganismos del intestino (Gibson et al., 1995, citados por Xiaolun, 2004). En el ámbito comercial ya existen prebióticos disponibles para uso humano como: fructooligosacaridos (FOS), inulina, lactulosa, y galactoligosacaridos.

2.3. Estructura del Intestino, Metabolismo Energético y Mananos

La utilización de la energía disponible en las aves está determinada por los requerimientos para el mantenimiento y crecimiento del intestino (Choct, 1999), y por el área superficial de este órgano. Esto último, depende de la macroestructura morfológica: la longitud y el área trasversal de los segmentos duodeno, yeyuno e íleon, y por la microestructura morfológica, es decir, la altura de las vellosidades y el área superficial del epitelio, en cada uno de estos segmentos (Jin et al., 1998; Iji, 1999).

Hughes (2003), explica la magnitud de la variación de la energía metabolizable aparente (EMA) por la aplicación de tratamientos como: limpieza del ambiente de cría, sexo de los pollos y adición de Mananoligosacaridos (MOS) a la dieta. Menos de 20% de la variación en la EMA fue asociada con características macroestructurales como: los pesos de duodeno, yeyuno o íleon, en relación con el peso metabólico corporal, o con la microestructura morfológica: altura de las vellosidades y profundidad de la cripta en estos segmentos del intestino.

Hughes, (2003), concluye, después de realizar un análisis de regresión múltiple de datos agrupados que el 33% de la variación en la EMA fue asociada con la morfología de la mucosa intestinal: determinando la importancia de la profundidad de la cripta (correlación negativa $r=-0.42$, $P < 0.01$). El investigador

afirma que hay varias razones para demostrar que la morfología del intestino puede ser una característica que define el metabolismo energético, pero que otros aspectos colectivos son más importantes dado que 67% de la variación en la EMA seguía sin explicar. Con respecto al efecto del sexo, la morfología de la mucosa intestinal difiere en este aspecto, lo cual permite recalcar, que la variación en la EMA asociada con las diferencias en la función epitelial intestinal, no es del todo perceptible por los métodos histológicos usados en este estudio (Hughes, 2003).

2.4. La Función Inmune Intestinal y el uso de Levaduras

Los oligosacáridos escapan a la digestión en el tracto gastrointestinal superior, convirtiéndose en una fuente importante de energía para las bacterias del ciego-colon. Enzimas como β -fructosidasa, β -galactosidasa, xilanasas o cualquier otra hidrolasa, refuerzan la utilización de los nutrientes por parte de las bacterias (Delzenne, 2003). Los mecanismos de los prebióticos involucran un número creciente de bifidobacterias. Las bifidobacterias pueden estimular la producción de citoquinas y moléculas reactivas (ON, H_2O_2) por los macrófagos (Xiaolun, 2004).

Algunas bacterias patógenas gram-negativas como *E. coli* y *Salmonella* expresan la fimbria tipo 1, que les permite adherirse y crecer eficazmente en el epitelio, la lámina propia, y en la superficie apical de la vellosidad intestinal. Esta adherencia es inhibida por α -metilo-D-manosa (Edelman et al., 2003 citados por Xiaolun, (2004). Los mananos oligosacáridos también tienen la característica de ligarse a través de la manosa específica a la fimbria de las bacterias patógenas, provocando que estas sean eliminadas del intestino, como consecuencia del flujo de los contenidos intestinales (Ofek et al., 1977). Spring et al., (2000) encontraron que mananos-oligosacáridos (MOS) se adhirió a *S. tiphimurium* 29E

in vitro y en el ciego, reduciendo las concentraciones de *S. typhimurium*, mientras no se observó efecto sobre concentraciones de lactobacilos, enterococos, bacteria anaerobias, lactato, ácidos grasos volátiles, o pH del ciego. Otras explicaciones sobre la inhibición de la colonización patógena por MOS se encuentran en revisiones realizadas por varios investigadores (Newman, 1994, Oyofó et al., 1989 y Santomá, 2001).

Por otra parte, el amoníaco, producido por bacterias proteolíticas, como *Clostridium*, *Enterococos* y *Bacteroides*, es parcialmente responsable de muchos efectos tóxicos y daños celulares y fisiológicos. Incluso cantidades pequeñas de amoníaco pueden provocar citopatologías severas reduciendo la vida media de las células epiteliales del colon del hospedero e interfiriendo con la síntesis de ADN y con la tasa de recambio celular (Macfarlane y Macfarlane, 1995, Ferket, et al., 2002). La inclusión en la dieta de MOS aparentemente reduce la producción de amoníaco por la microflora entérica y sus efectos adversos. En general, Santomá, (2001), muestra que las levaduras inhiben la producción de otros productos tóxicos como: aminos, nitrosaminas, fenoles, cresoles, ácidos biliares secundarios, etc., por parte de la microflora patógena.

El peso o tamaño de la bolsa de Fabricio es un indicador del estado de inmunocompetencia o inmunosupresión en el ave, Dohms y Saif, 1984; Chema *et al.*, 2003, Morales et al., (2005) en un estudio basado en el uso de pared celular de levadura (PCL) en dietas para pollos de engorde (la dosis de inclusión de PCL fue de 500 ppm) muestran, un incremento en la ganancia de peso corporal ($P < 0.05$), al igual que en la longitud de las vellosidades intestinales, el grosor de la capa de mucina y el número de células caliciformes ($P < 0.01$). El proceso de involución más lento de la bolsa de Fabricio observado en las aves que consumieron PCL, suponen un mejor estado de inmunocompetencia. El aumento en el grosor de la capa de mucina y el número de células caliciformes puede representar un incremento en la barrera de defensa a escala intestinal. En conclusión, PCL permitió incrementar la eficiencia productiva del ave, al mejorar

ciertos mecanismos de la salud intestinal y evitar los procesos de involución temprana de la bolsa de Fabricio.

Los MOS tienen una influencia positiva en la inmunidad humoral y el perfil de inmunoglobulinas. Savage, et al., (1996) confirmaron un aumento plasmático de IgG y de IgA en la bilis de aves alimentadas con dietas suplementadas con 0.11% de MOS. Se espera un aumento en la respuesta de anticuerpos a MOS, debido a la habilidad del sistema inmunológico para reaccionar al material antigénico extraño de origen microbiano. Los componentes que estructuran la pared celular de la levadura, *Saccharomyces* (MOS), se ha encontrado que tienen propiedades antigénicas poderosas (Ballou, 1970, citado por Ferket, 2004). MOS también puede reforzar la inmunidad humoral contra patógenos específicos previniendo su colonización, y permitiéndoles ser presentados a las células inmunes como antígenos atenuados. De hecho, cuando MOS estimula la secreción de IgA en la mucosa de intestino, agentes patógenos se vuelven mas sensibles a la acción fagocítica de linfocitos asociados al intestino (Ferket, 2004).

Ferket, (2004), en un estudio para determinar los efectos de MOS y virginiamicina (VM) sobre la morfología de vellosidades del yeyuno, en pavos con una dieta control y dietas suplementadas con BioMos®1kg/ton o 20g VM/ton, a partir de 1 día de edad. Encontraron que el MOS tuvo un efecto mayor sobre la morfología de las vellosidades. Aunque MOS no afecto la altura de las vellosidades, si se observó una disminución en la profundidad de la cripta y una relación mayor V/C, comparado con el control y la suplementación con VM. Iji et al. (2001) también observaron que MOS aumentó la relación proteína/ADN significativamente en el yeyuno, así como aumentos de enzimas en el borde de cepillo de maltasa, leucina aminopeptidasa y fosfatasa alcalina. Los pavos que recibieron MOS también exhibieron una capa del muscularis más delgada y aumentos en el número de células goblet por mm de altura de las vellosidades comparado con aves del grupo control.

Se ha señalado que los mananos pueden estimular la secreción en el hígado de proteínas que ligan mananos. Estas proteínas, a su vez, pueden ligar bacterias y activar la cascada del sistema inmunológico del hospedero (Newman, 1994).

Dos Santos, et al., (2005) en su evaluación de aditivos promotores de crecimiento sobre el desempeño, características de la canal y bacterias totales en el intestino de pollos de engorde, observaron la mejor eficiencia alimenticia, en las aves que recibieron los prebióticos (MOS y FOS), comparado con las aves que recibieron otros tratamientos. Los datos que describen las especies que componen la microbiota de los diferentes segmentos del tracto gastrointestinal, están de acuerdo con Leedle (2000), quien sugiere que posiblemente un microbiota típica no existe, debido a que, la composición del alimento, las condiciones medioambientales, la presencia de drogas y de patógenos, afectan de una manera muy distinta a cada una de las especies de bacterias. Más información sobre los efectos de la utilización de pared celular de levadura es reportada por diferentes autores autores. (Line et al., 1998, Spring, et al., 2000, Acevedo y Pedroso, 2001; Morales et al., 2003, Guo, et al., 2003, Stanley, et al., 2004, Perdomo, et al., 2004 y Morales, et al., 2005).

2.5. Protección contra Micotoxinas

Los recursos alimenticios para aves frecuentemente son contaminados por micotoxinas que son metabolitos secundarios de hongos, como la aflatoxina, ocratoxina, zerealenona, toxina T-2, vomitoxina, y fumonisina (Jelinek et al., 1989, citados por Xiaolun, 2004). El método más popular para su control es el uso de absorbentes como la arcilla. Comparado con la limitada habilidad de la arcilla para ligar micotoxinas El glucomanano esterificado (E-GM) se ha descubierto que absorbe múltiples micotoxinas en los alimentos para pollos Raju et al., (2000), Aravind et al., (2002), citados por Xiaolun, (2004), confirmaron que la inclusión de E-GM en una dieta naturalmente contaminada por micotoxinas

redujo la depresión del crecimiento. Basmacioglu et al., (2005), también comprobaron, que las levaduras disminuyen el efecto nocivo causado por las aflatoxinas presentes en las dietas.

En resumen, las levaduras por sus efectos benéficos son consideradas como probióticos y estructuralmente, son categorizadas como prebióticos, gracias a la composición química de su pared celular que ayuda al desarrollo de los probióticos o, también actúa bajo esquemas de exclusión competitiva. Por esta multifuncionalidad, las levaduras están siendo utilizadas en la nutrición aviar con impactos muy favorables en la producción de carne de pollo. Sin embargo, según Forero (1998), existen un gran número de variables que pueden afectar el resultado de la adición de este tipo de productos a la dieta, entre las cuales están: la cantidad utilizada, la especie, la edad, el sexo, además del tipo de explotación y su nivel de estrés social y ambiental.

2.6. El papel de las Levaduras en el Síndrome de Ascitis.

Un pollo de engorde necesitaba 120 días para alcanzar 1.500g en 1920, en 1980, 44 días y, en 1998 sólo 33 días (Albers, 1998). Los programas de mejoramiento genético, han buscado una máxima velocidad de crecimiento, mayores ganancias de peso corporal, alta eficiencia alimenticia, alta viabilidad, mayor rendimiento en canal y menor deposición de grasa, pero también han desencadenado síndromes fisiológicos como el estrés calórico, la muerte súbita y la ascitis (Sánchez, et al., 2000).

Fernández, y colaboradores, (2004) informan que en 18 países de cuatro continentes el 4,7% de los pollos fueron descartados en las plantas de sacrificio por ascitis, ocasionando pérdidas que ascendieron a mil millones de dólares

aproximadamente en el año 1996. Debido a la importancia de este tema en el área de influencia del proyecto, en este trabajo se evaluará la presencia del síndrome ascítico en los pollos de engorde machos.

Este síndrome se descubrió hace décadas en granjas de pollo de engorde ubicadas en áreas de altas altitudes, pero actualmente, también se presenta en zonas de baja altitud, y se ha relacionado con restricciones anatómicas y fisiológicas del sistema cardio-respiratorio, lo cual provoca baja oxigenación durante los períodos de rápido crecimiento (Hernández, 2000).

El déficit de oxígeno aumenta la concentración de hemoglobina, el hematocrito y el número de eritrocitos, con el aumento consecuente de la viscosidad sanguínea. A medida que aumenta la presión arterial pulmonar, se produce la hipertrofia derecha del corazón (Fernández, et al., 2004).

De tal forma que es posible supervisar el síndrome ascítico en granjas de pollos de engorde, a través de parámetros fisiológicos tales como: el valor del hematocrito (Shlosberg et al., 1992; Precie et al., 1998; Rosário et al., 2000 / 2002; Scheele et al., 2003), la relación ventrículo derecho/ventrículo total (Lubritz y McPherson, 1994), el porcentaje del hígado, bazo y pulmón respecto al peso corporal (Silversides et al., 1997), el perfil de hemoglobina (Fedde et al., 1998), citados por Fernández, et al., (2004).

Basados en la premisa de que la peroxidación de lípidos puede estar involucrada en la degeneración de tejido cardíaco y en el desarrollo del síndrome de hipertensión pulmonar, el papel de nutrientes con propiedades antioxidantes se ha investigado por varios autores. El uso combinado de niveles dietéticos superiores de vitamina E y de selenio orgánico (250 UI de vitamina E y 0.3 ppm de selenio de levadura) han reducido significativamente la mortalidad causada por la HP (Hipertensión pulmonar), mejorando la conversión alimenticia en pollos bajo estrés térmico (frío) (Roch, et al., 2000). La levadura de selenio

agregada a dietas (0.1%) también ha mostrado reducciones en la mortalidad por ascitis del 11% (sin levadura de selenio) a 2.3% (con la levadura de selenio) con un aumento simultáneo en la ganancia de peso de corporal (14%), en pollos suplementados versus no suplementados (Stanley, et al., 1998).

2.7. Pasos del proceso de manufactura de las levaduras

La manufactura industrial de levaduras por la industria alimenticia tiene formas activas predominantes como son: la levadura deshidratada con un 95% de materia seca (MS); la torta de levadura húmeda con un 30% MS y en menor proporción, la levadura en forma de crema 18 a 20% de MS, levadura, que generalmente es usada por la industria de panadería (DAN-LFA, 2005; Stone, 2006).

Las principales fases del proceso de manufactura de levaduras son:

- Selección, aislamiento y multiplicación celular de los inóculos de levadura a nivel de laboratorio
- Propagación de la cepa de levadura en el laboratorio realizada con la finalidad de aumentar la cantidad del producto o inóculo industrial
- Propagación industrial, donde se emplean birreactores o fermentadores aeróbicos de 15 a 200m³ con el fin de proveer los nutrientes (oxígeno, nitrógeno y carbohidratos), y las correctas condiciones de temperatura y pH.
- Secado y deshidratado, cuando la concentración de levaduras es adecuada en los fermentadores el caldo de cultivo es centrifugado, para formar una crema de levadura, posteriormente la crema se filtra para formar la torta de levadura que es secada a una temperatura adecuada, para no disminuir su capacidad fermentativa (Oriol, 2004; DAN-LFA, 2005).

2.8. Uso de levaduras de frutas en el proceso de generación de productos de innovación

Las experiencias en la caracterización de levaduras de frutas para generar productos de innovación son bastante limitadas. Algunas premisas se referencian a continuación. A finales de los años ochenta e inicios de los noventa, se encontraron una variedad de microorganismos como antagonistas de patógenos que afectaban diferentes frutas. Entre estos antagonistas estaban varias especies de *Cryptococcus* identificadas para el control de la putrefacción en post-cosecha de manzanas y peras (Roberts, 1990, citado por Ädel, 2004). Varias propiedades importantes de las levaduras se han utilizado para propósitos de biocontrol: Por ejemplo, las levaduras no producen esporas alergénicas o micotoxinas como los hongos de micelos o metabolitos de antibióticos, como las bacterias antagonistas. Las levaduras generalmente tienen requerimientos nutritivos simples y son capaces de colonizar superficies secas durante largos períodos de tiempo. Las levaduras utilizan rápidamente los nutrientes disponibles en el ambiente y pueden reemplazar muchos de los pesticidas usados en la post-cosecha. Además, pueden crecer rápidamente en sustratos de fermentación económicos y pueden ser por consiguiente fáciles de producir en grandes cantidades. Las diferentes investigaciones sugieren que estos generos no constituyen riesgo para el consumidor (Ädel, 2004).

La presencia de levaduras proteolíticas, pectinolíticas y micocinogénicas en 4 frutas del Brasil, maduras y sus pulpas congeladas *Eugenia uniflora* L, *Hancornia speciosa* Gom, *Spondias tuberosa* Avr. Cam., y *Malpighia glaba* L, fue evaluada en su potencial de aplicación para la industria biotecnológica (Trindade, et. al., 2002). Los autores aislaron un total de 480 colonias, agrupadas en 405 cepas diferentes. Éstas correspondieron a 42 ascomicetus y 28 especies de basidiomicetus estableciéndose como las especies más frecuentes: *Cándida sorbosivorans*, *Pseudozyma antarctica*, *C. spandovensis*, *Kloeckera apis*, *C. parapsilosis*, *Rhodotorula graminis*, *Kluyveromyces*

marxianus, *Cryptococcus laurentii*, *Metchnikowia sp*, *Issatchenkia occidentalis* y *C. krusei*. Además, se encontraron levaduras basidiomicetos que producen micocinas: *P. antarctica*, *Cryptococcus albidus*, *C. bhutanensis*, *R. graminis* y *R. mucilaginosa*. Las levaduras capaces de hidrolizar caseína a pH 5.0 representaron el 38,5% de las especies aisladas y 37% de levaduras fueron capaces de hidrolizar caseína a un pH de 7.0. Se observaron levaduras pectinolíticas en todas las comunidades estudiadas. Entre 432 especies, 125 producen b-glucosidasa, y *Kloeckera apis*, *P. antarctica*, *C. sorbosivorans*, y *C. spandovensis* fueron las especies más activas. Por otra parte, Laubscher, y colaboradores (2000) de un total de 38 levaduras aisladas e identificadas según métodos convencionales de la traquea de pollos de engorde en varias fases de crecimiento. Encuentran que las mas representativas fueron *Bullera*, *Cándida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Rhodotorula*, *Torulaspota*, *Trichosporon*, y *Zygosaccharomyces*.

Recientemente Yu, et. al., (2006) determinaron la eficacia de chitosan en diferentes concentraciones con varias viscosidades intrínsecas, y en combinación con una levadura antagonista, *Cryptococcus laurentii*, para reducir la putrefacción del moho azul producida en frutas de manzana por *Penicillium expansum*. Los autores concluyeron que la combinación de chitosan y *C. laurentii* producía una inhibición sinérgica de la putrefacción del moho azul, siendo más eficaz la concentración de 0.1% de chitosan con la viscosidad más baja (12 cP).

Este efecto de protección de la levadura disminuye con la maduración de la fruta y no posee ninguna actividad curativa (Ghaouth, 1997,). Otros estudios han demostrado que el comportamiento de la levadura antagonista *Cryptococcus laurentii* en varias frutas puede ser mejorada al combinarla con otros métodos o aditivos como: cloruro de calcio (Lima et al., 2005), tratamiento de calor (Conway et al., 2005), ácido salicílico (Yu y Zheng, 2006), silicio (Tian et al., 2005), y bicarbonato de sodio (Yao et al., 2004). Por otro lado, la efectividad también se

ha mejorado con el bi-tratamiento de quitosán y baja presión (Romanazzi et al., 2003), onda corta (254 nm), irradiación (Capdeville et al., 2002), o con la levadura de biocontrol *Cándida saitoana* (Ghaouth et al., 2000; Schena et al., 2005). El *Cryptococcus humicola*, es una levadura basidiomicetus, que expresa actividad micocidal contra un amplio espectro de levaduras basidiomicetus y ascomycetous, y esta actividad esta asociada con la secreción de una toxina de baja masa molecular llamada micocina, por su analogía con las bacteriocinas (Puchkov, et al., 2002).

2.9. Bibliografía

Albers, G.A.A. 1998. Future trends in poultry breeding. In: European Poultry Conference, 10., 1998, Jerusalem, Israel. Proceedings... Jerusalem : WPSA, p.16-20.

Acevedo, A.M., Pedroso, M. 2001. Rev. Cubana Ciencia Avícola., 25: 101-112.

Ädel, U. D. 2004. Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Department of Microbiology Uppsala Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.

Almeida, S., Brandão, F., Melo de S., Ribeiro, N. y Rodrigues, M. 2002. Qualidade Dos Ovos De Poedeiras Comerciais Alimentadas Com Levadura Seca De Cana De Açúcar. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v 37, n. 9, p. 1295 - 1300.

Álvarez, R. J. y M. Valdivie. 1980. Energía metabolizable y retención de nitrógeno en dietas con levadura torula para pollos de engorde. Rev. Cubana Cienc. Agric. 14:55.

Basmacioglu, H. Oguz, M., Ergul, R., Birdaney, Y. 2005. Effect of dietary esterified glucomannan on performance serum biochemistry and haematology in broilers exposed to aflatoxin. Journal of Animal Science, 50 (1): 31-39.

Cheema, M.A., Gureshi, M. A., Havenstein, G. B. 2003. Poult. Sci., 82:1519-1529.

Choct, M. 1999. Soluble non-starch polysaccharides affect net utilization of energy by chickens. Recent advances in animal nutrition in Australia. 12: 31-35.

Churchil, R., Mohan, B. y Viswanathan, K. 2000. Effect of supplementation broilers rations with live yeast culture. *Cheiron* 29 (1-2): 23-27.

Corpoica, 2004. Desarrollo de productos derivados de la fermentación de levaduras para mejorar la eficiencia nutricional en monogástricos y/o rumiantes en condiciones tropicales. Proyecto Colciencias - Universidad Nacional de Colombia

Cruickshank, G. 2002. Gut microflora the key healthy broiler growing. *Poultry World* 156 (156);14.

Delzenne, N.M. 2003. Oligosaccharides: state of the art. *Proc. Nutr. Soc.* 62:177-182.

Dohms, J. E., Saif, Y.M.1984. *Avian Dis.*, 28: 305-310.

Dos Santos, E., Soares, T. A., Fonseca de Freitas, R., Borges, R., Souza, D. E., Solis, M. 2005. Uso de Aditivos Promotores de Crescimento sobre o Desempenho, Características de Carcaça y Bactérias Totais do Intestino de Frangos de Corte. *Ciênc. Agrotec.*,

Edens, F. W. (1996) Organic selenium: from feathers to muscle integrity to drip loss: five years onward: no more selenite Biotechnology in the Feed Industry. *Proceedings Alltech's 12th annual Symposium.*

Edens, F.W. and . Gowdy, K.M. 2003: Em contato com a natureza. *Alltech.* pp. 11-16.

Ergül, M. 1994. Replacement of soybean by brewers' and molasses yeast in broiler diets in sunflower oil meal with and without fish meal. *Landbau for schung volkenrode* 44(3):267-273. Turkey. in: *poultry abstracts.* vol 21. n. 4.

Ferket, P. R. 2004. Raising Drug-Free Poultry -.What are the Alternatives? Department of Poultry Science, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC 27606-7608.

Ferket, P. R., Parks, C. W., and Grimes, J. L. 2002. Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry. *Multi-state poultry meeting*, May 14-16.

Ferket, P.R. 2002. Use of oligosaccharides and gut modifiers as replacements for dietary antibiotics. *Proc. 63 Rd Minnesota Nutrition Conference*, September 17-18, Eagan, MN, pp 169-182.

Fernandes do Rosario, M.; Neves da Silva, M. A.; Domingos, C. A.; Savino, V. J. 2004. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia,

avaliação e perspectivas. Cienc. Rural, Vol.34, no.6, Nov./Dec. Santa Maria. Brasil.

Fox, S.M. 1988. Probiotics: Intestinal inoculants for production animals. Vet. Med., 83: 806-830.

Gagic, A., Kavasovik, A., Alibegovic, F. y Residbegovic, E. 2003. Application of probiotics in poultry. Veterinaria-Sarajevo 52 (1/4): 205-212.

Grangeiro, M. G., M. Freire, e. Rodríguez, G. Barreto, y F. Militão. 2001. Inclusão da levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas para frangos de corte. Rev. Soc. Bras. Zootec., 30(3):766-773.

Guo, Y., Ali, R.A., Gureshi, A.M. 2003. Immunopharmacology and Immunotoxicology, 25: 461-472.

Hernandez, A. 1987. Hypoxic ascites in broilers: a review of several studies done in Colombia. Avian Diseases, v.31, n.3, p.658-661.

Hess, J.B., Downs K.M. and Bilgili, S.F. 2003. Nutritional biotechnology in the feed and food industries. proceedings of Alltech's 19th annual symposium., Lyons, T. P and Jacques, K. a. Eds, Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 107-112.

Hughes, R.J. 2003. Energy Metabolism Of Chickens. Physiological Limitations. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Australia.

Hussein, H. S., Mackie, R. I., Merchen, N. R., Baquer, D.H. y Parson, C. M. 1996. Effects of Oleaginous Yeast on Growth Performance, Fatty Acid Composition of Muscles, and Energy Utilization by Poultry. Bioresource Technology 55 (1996) 125-130.

Iji, P.A., Saki, A., y Tivey, D.R. 2001. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. British Poultry Science. 42: 505-513.

Jin, S., Corless, A., Sell, J.L. and Jin, S.H. 1998. Digestive system development in post-hatch poultry. World's Poultry Science Journal. 54: 335-345.

Jonvel, S. 1993. Use of yeast in monogastrics. feed mix, vol. 1. num. 4.

Kautz, W. and M. Arens, 1998. What questions should feed manufacturers ask?: choosing the right microbes. feed management, 49: 43-46.

Kuricova, S. Boldiarova, K., Gre-Akova, R., Bobaek, Levkut. M. y Leng, M. 2003. Chicken Selenium Status When Fed a Diet Supplemented with Se-Yeast. Acta Vet. Brno 2003, 72: 339-346

KyungWoo Lee, Soo Kee Lee and Bong Duk Lee. 2006. *Aspergillus oryzae* as Probiotic in Poultry - A Review. International Journal of Poultry Science 5 (1): 01-03. Asian Network for Scientific Information.

Laubscher, W.D.F., B.C. Viljoen and J. Albertyn. 2000. The yeast flora occurring in the trachea of broiler chicken. Food Technology and Biotechnology 38:77-79.

Leedle, J.P.J., y Paulissen, B. 1989. Factors affecting the in vitro production of volatile fatty acids by mixed bacterial population from the bovine rumen. Journal of Animal Science. 67:1593-1602.

Line, J.E., Bailey, J.S., Cox, N.A., Stern, N.J., y Tompkins, T. 1998. Effect of yeast-supplemented feed on *Salmonella* and *Campylobacter* populations in broilers. Poultry Science. 77:405-410.

MacFarlane, S., and G. T. MacFarlane. 1995. Proteolysis and amino acid fermentation. pages 75-100 in: Human colonic bacteria: role in nutrition, physiology, and pathology. G. R. Gibson and G. T. MacFarlane, Eds. CRC press.

Masse, P. G. y Weiser, H. 1994. Effects of dietary proteins and yeast *Saccharomyces cerevisiae* on vitamin B6 status during growth. Ann. Nutr. Metab. 38 (3): 123-131.

Miazzo, R. D., Krafts, S. y Moschett, E. 1995. Dos niveles de levadura de cerveza (*S. cerevisiae*) como promotor natural de crecimiento en barrileros. Rev. Arg. Prod. Ani. 15 (12):662-663.

Miazzo, R. D. y Krafts, S. 1998. Yeast a growth promoter for broilers. Abs. 10 th. European Poultry Conference. Jerusalem, Israel. P94.

Miazzo, R. D., Peralta, M. F. y Reta, S. 2001. Yeast (*S. cerevisiae*) as natural additive for broiler chicken diets. Proc. XV European Symposium on the quality of poultry meat. Turkey. WPSA- Turkey Branch: 175-177.

Miazzo, R. D., Peralta, M. F. y Picco, M. 2005. Performance productiva y Calidad de la Canal en Broilers que recibieron Levadura de cerveza (*S. cerevisiae*). Revista Electrónica de Veterinaria. Vol. VI, No 12, Diciembre. Argentina.

Modirsaneí, M. Kiaei, S., peighambari, S. e Imam, G. 2003. Effects of supplementing broilers ration with comercial probiotics on performance. J. of faculty veterinary Medicine, University of Theran, 58 (3) 261-266.

Montes, A.J. and D.G. Pugh, 1993. The use of probiotics in food - animal practice. *Vet. Med.*, 88: 282-289.

Morales L, R. 2007. Las paredes celulares de levadura de *Saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde tesis MSc. Departament De Ciències Animals I Dels Aliments. Universidad Autónoma de Barcelona.

Morales, R., Francesch, M., Auclair, E., García, F., Ducatelle, R., Van Immerseel F., Andrea N., Brufau J. 2005. Uso de Paredes Celulares de Levadura en dietas para pollos con alto y bajo contenido de polisacáridos no amiláceos y su influencia sobre la Producción.

Morales, R., Francesch, M., Brufau, J. 2003. 14th European Symp. Poultry Nutr., Lillehammer, Norway, p 201.

Murakami, A., V. M. Barbosa, J. Ariki, O.M. Junqueira, y S. Kronka. 1993. Levedura de vinhaca (*Sacharomyces cerevisiae*) como fonte proteica na alimentação de frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 22(5):876-883.

National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9 th, Rev. edition Nat. Acad. Press, Washington, DC.

Naylor, A. J., Choct, M. and. Jacques, K.A. 2000. *Poultry Science*. 79 (suppl.1):117.

Newman, K. 1994. Mannan-oligosaccharides: natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system. in: *Biotechnology in the feed industry. proceedings of Alltech's 10 th annual symposium*. T.P. Lyons and K.A. Jacqu

Ofek, I., D. Mirelman, and N. Sharon, 1977. Adherence of *Escherichia coli* to human mucosal cells mediated by mannose receptors. *nature (London)* 265:623-625.

Onifade, A.A., and Babahmde, G.M. 1996. Supplemental value of dried yeast in a high-fibre diet for broiler chicks. *Animal Feed Science Technology* 62 91-96

Oyofe, B.A., J.R. Deloach, D.E. Corrier, J.O. Norman, R.L. Ziprin, and H.H. Mollenhauer, 1989. Prevention of *Salmonella typhimurium* colonization of broilers with d-mannose. *Poultry Sci.* 68:1357-1360.

Perdomo, M. C., Vargas, R. E., Campos, J. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cervecía (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

Puchkov, E. O., Zähringer, U., Lindner, B., Kulakovskaya, T. V., Seydel U., Wiese, A. 2002. The mycocidal, membrane-active complex of *Cryptococcus humicola* is a new type of cellobiose lipid with detergent features. *Biochimica et Biophysica Acta* 1558

Rutz, F., Anciuti, M. A., Rech, J. L. and Rossi, P. 2004a. The Impact Of Organic Minerals On Performance Of Poultry. *Proc.Aust.Poult.Sci.Sym.*

Rutz, F., Anciuti, M. A., Rech, J. L., Gonçalves, F. M., Delgado, A. D., Rosa, E. R., Zauk, N., Ribeiro, C. L. G. and Da Silva, R. R. 2004b. Performance And Carcass Traits Of Broilers Fed Diets Containing Yeast Extract (NuPro™). *Proc.Aust.Poult.Sci.Sym.*

Ryu, Y. C, Rhee, M. S, Lee, K. M y Kim, B. C. 2005. Effects of Different Levels of Dietary Supplemental Selenium on Performance, Lipid Oxidation, and Color Stability of Broiler Chicks. Division of Food Science, Korea University, Anam-dong

Sánchez, A. 2000. Croissance musculaire et fonction cardiorespiratoire chez le poulet de chair. *INRA Productions Animales*, v.13, n.1, p.37-45.

Santin, E. Maiorka, A. And Macari, M. 2001. Performance And Intestinal Mucosa Development Of Broiler Chickens Fed Diets Containing *Saccharomyces Cerevisiae* Cell Wall. *J. Appl. Poult. Res.* 10:236-244

Santomá, G. 2001. Estimuladores De La Inmunidad. *Xiv Curso De Especialización Avances En Nutrición Y Alimentación Animal. FEDNA*

Savage, T.F., P.F. Cotter, and E.I. Zakrzewska. 1996. The effect of feeding a mannan oligosaccharide on immunoglobulins, plasma IgG and bile IgA of wrolstad MW male turkeys. *Poultry Science* 75 (suppl. 1): abstracts 129.

Spring, P., C. Wenk, K.A. Dawson and K.E. Newman. 2000. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79:205-211.

Stanley V.G., Gray C, Krueger W.F. 1998. Dual-effects of Selenium-Yeast on Ascites and Aflatoxicosis reduction in broiler chickens. *Poultry Science*; 77 (suppl. 1):2.

Trindade, R.C., Resende, M. A., Silva, C. M., and Rosa, C. A. 2002. Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulps of Brazilian Tropical Fruits. *System. Appl. Microbiol.* 25, 294-300.

Uavy, R. 1989. Textbook of Gastroenterology and Nutrition in Infancy. Lebethal, e Raven Press, Ltd., New York, USA. pp. 265-280.

Upedra, H y Yathiraj, S. 2003. Effects of supplementing probiotics and mannan oligosaccharide on body weight fedd conversion ratio and livability in broiler chicks. Indian vet Journal, 80 (10): 1075-1077.

Whanger, P. D. 2002. Selenocompounds in Plants and Animals and their Biological Significance Department of Environmental and Molecular Toxicology, Oregon State University, Corvallis, Oregon Journal of the American College of Nutrition, Vol. 21, No. 3, 223

Xiaolun Sun. 2004. Broiler Performance And Intestinal Alterations When Fed Drug-Free Diets. Thesis submitted to Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master Of Science

Yu, T., Ye Li, H., Dong, X. Z. 2006. Synergistic effect of chitosan and *Cryptococcus laurentii* on inhibition of *Penicillium expansum* infections. International Journal of Food Microbiology

Zelenka, J. y Fajmonova, E. 2005. Effect of Age on Utilization of Selenium by Chickens. Department of Animal Nutrition, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno 61300, Czech Republic. 2005 Poultry Science 84:543-546.

Zhang, A. W., Lee B. D., Lee S. K., Lee, K., W An K G. H. Song, B., and Lee C. H. 2005 Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Cell Components on Growth Performance, Meat Quality, and Ileal Mucosa Development of Broiler Chicks¹ Poultry Science 84:1015

Capítulo 3. Generalidades de la estructura del Intestino de las Aves: su importancia en la caracterización del papel funcional de las Levaduras

3.1. Generalidades de la estructura del Intestino de las Aves

En relación con otros vertebrados mayores, el TGI de las aves presenta adaptaciones a nivel de la boca, ya que no tiene estructuras dentarias y los músculos de la mandíbula han sido reemplazados por un pico. El proceso de digestión se inicia con la ingestión de una dieta la cual, se almacena temporalmente en el buche y es masticada en la molleja. El moco, la pepsina y el ácido clorhídrico son adicionados en el estómago glandular o proventrículo, el cual no almacena alimento; de tal forma que la función general del estómago, en contraste como ocurre en la mayoría de monogástricos, se lleva a cabo por un conglomerado de órganos (Moran, 1982; Dibner y Richards, 2004). En relación con los mamíferos, el TGI es relativamente corto, reconociéndose su simplicidad, pero a su vez su complejidad para llevar a cabo los procesos de digestión y absorción de nutrientes, derivados de los recursos alimenticios ingeridos (Moran, 1982; Turk, 1982). Esta resiliencia ha sido reportada para el caso de ácido clorhídrico y pepsinogeno cuya secreción es mayor por unidad de peso corporal en comparación con los mamíferos (Long, 1967).

El intestino delgado del ave se divide en tres segmentos: duodeno, yeyuno o intestino delgado proximal e ileon o intestino delgado distal. Estas tres secciones son claramente distinguibles tanto macroscópicamente, como microscópicamente. El duodeno se inicia en la conjunción con la molleja y abarca la superficie del páncreas formando un asa ascendente y otra descendente. Para diferenciar el intestino delgado proximal del distal se utiliza como referencia el divertículo de Meckel (Moran, 1982; Turk, 1982; Moran, 1996). En el área intestinal donde

finaliza el ileón, se encuentra la unión ileocecal, lugar donde se unen las dos sacos ciegos al intestino, y las tonsilas cecales que representan, la mayor concentración de tejido linfoide (Didner y Richards, 2004). En el ciego, se aloja la mayor cantidad de microflora anaeróbica y funcionan como una cámara órgano de fermentación (Jozefiak et al., 2004). El intestino grueso, recto o colón permite la conexión entre el intestino delgado y la cloaca. La cloaca es un receptáculo común de los productos finales del sistema urinario, fecal y reproductivo del ave (Turk, 1982).

El páncreas de las aves es un órgano glandular de color amarillo pálido que se localiza dentro del asa duodenal y está dividido en tres lóbulos (dorsal, ventral y esplénico). Aunque las funciones específicas de cada lóbulo son desconocidas, en conjunto el órgano realiza funciones de tipo endocrino y exócrino (Paik, et al., 1974). La función exocrina la realizan las glándulas túbulo-hacinares del parenquima pancreático, que drenan su secreción a los conductos pancreáticos directamente y a la porción ascendente del asa duodenal. Éstas incluyen diversas enzimas como las amilasas, lipasas, enzimas proteolíticas, y el bicarbonato de sodio (Moran, 1982; Denbow, 2000). El hígado en las aves se encuentra constituido por un lóbulo derecho y uno izquierdo unidos por la línea media, y orientados cranealmente respecto al proventrículo y la molleja. En el pollo, el lóbulo derecho presenta un mayor tamaño, mientras que el lóbulo izquierdo esta subdividido en dos porciones (dorsal y ventral). La bilis hepática se transporta del hígado directamente al duodeno a través de dos conductos hepáticos (derechos e izquierdo) o conductos hepato-entéricos. El conducto hepático derecho, presenta una ramificación que conecta con la vesícula biliar para drenar su contenido al duodeno. Al igual que los conductos pancreáticos, los conductos biliares drenan sus secreciones en la porción ascendente del asa duodenal (Moran, 1982; Denbow, 2000).

3.2. Anatomía microscópica del tracto gastrointestinal (TGI) de las aves

La anatomía microscópica del TGI es consistente a lo largo de las diferentes secciones. Del exterior o al interior del lumen intestinal se describen las siguientes secciones: serosa, músculo longitudinal, músculo circular, submucosa y mucosa. La primera capa de la pared intestinal o mucosa interactúa con los contenidos del lumen intestinal y por lo tanto es una superficie recubierta por epitelio diferenciado, soportado por trazas de tejido conectivo y muscular. La submucosa está constituida por dos acciones de músculo liso distribuido en dos direcciones externas (longitudinal) e interna (circular) y entre estas capas musculares se localizan vasos sanguíneos y linfáticos y nervios autónomos. El patrón descrito de distribución de los diferentes tejidos se repite desde el esófago hasta el colon, incluyendo las tonsilas cecales.

Existe en el TGI una gran diferenciación celular del epitelio, la cual está relacionada con la funcionalidad del sistema digestivo. La mucosa del esófago y el buche presentan un epitelio escamoso simple plano, mientras el epitelio del proventrículo es altamente diferenciado para la producción de ácido clorhídrico. El recto de las aves presenta numerosas vellosidades planas con pocas células caliciformes y criptas cortas, estructura que está relacionada con su papel de reabsorción de agua. La mucosa del intestino delgado presenta un epitelio en forma de pliegues o vellosidades que le sirven para multiplicar y ampliar las áreas de contacto, con el objeto de optimizar los procesos de secreción enzimática y absorción de nutrientes (Moran, 1982; Turk, 1982; Moran, 1996; Dibner y Richard, 2004).

En condiciones normales, el epitelio de la mucosa digestiva no permite el paso de macromoléculas o microorganismos gracias a sistemas que incluyen: a) las uniones intracelulares de enterocitos de la mucosa, las cuales se cierran b) la calidad y cantidad de mucina y c) la presencia de linfocitos intraepiteliales y células secretoras de anticuerpos en la lámina propia. En la base de las vellosidades hay zonas de proliferación de enterocitos o zonas de criptas encargadas de la renovación de las células epiteliales de la microvellosidad, las

cuales son constituidas por células madres o germinales o células productoras de péptidos con capacidad antimicrobiana (Dibner y Richards, 2004).

El epitelio de la mucosa digestiva se encuentra recubierto por diferentes tipos de enterocitos de forma rectangular alineados en columnas así: células secretoras de moco o caliciformes o de goblet, células con capacidad de SAP surtidas y células secretoras de hormonas o células endocrinas. Las que llevan a cabo funciones de absorción son también conocidas como enterocitos con membrana en borde en cepillo, debido a que presentan en su membrana apical protuberancias similares a dedos o en forma de microvellosidades, principalmente constituidas por fibras de actina (Moran, 1982; 1996). Las microvellosidades son contráctiles y realizan movimientos oscilatorios para inmovilizar las enzimas digestivas que finalizan la digestión de nutrientes. A través de este proceso, pueden llegar a incrementarse hasta 30 veces la superficie de absorción de la membrana celular de este tipo enterocito (Van Dijk et al, 2002).

El sistema de microvellosidades se apoya en una gran cantidad de glicoproteínas con enlaces tipo N y O que actúan como lectinas, estas adquieren una importancia estratégica, ya que pueden interactuar con microorganismos patógenos. Los enterocitos también pueden llevar a cabo funciones de absorción de nutrientes o durante el proceso de migración y diferenciación celular ser capaces de expresar enzimas digestivas, tales como: disacaridasas, fosfatasas alcalinas, hidrolasas, maltasas, y aminopeptidasas-N (Weiser, 1973; King et al, 1983).

3.3. El desarrollo del tracto gastrointestinal de las aves

El desarrollo del TGI de los pollos abarca desde la etapa de evolución embrionario donde el ave sólo depende de las fuentes de energía proveniente de la yema o saco vitelino que son principalmente lípidos, hasta después de la

eclosión donde deberá adaptarse a una rápida transición hacia la utilización de almidones provenientes principalmente de cereales (Uni et al, 1996). Durante los primeros días de vida, el intestino del incrementa su peso relativo más rápido que su masa, evento que ocurre durante los 7 a 10 días de edad (Lilja, 1983; Uni et al, 1999; Iji, et al, 2001a). Existe un crecimiento diferencial en los diferentes segmentos del intestino siendo más rápido y temprano y en mayor proporción en el duodeno, con respecto al yeyuno e íleon. En el caso de la molleja y el páncreas este efecto no se presenta (Uni et al, 1999; Iji et al 2001).

La morfometría de las vellosidades intestinales del pollo de engorde muestra que los principales cambios ocurren en los primeros 21 días de edad (Iji et al 2001). Al día de edad, los enterocitos son redondos y oculares, pero en las horas subsiguientes a la eclosión sufren un alargamiento, presentan polaridad y una definición de la membrana en borde en cepillo (Geyra et al, 2001). A los dos días de edad, la altura de las vellosidades del duodeno se incrementan llegando a un asintote de crecimiento entre los 6- 8 días de edad. En el yeyuno y el ileón, la asintote de crecimiento de la vellosidad ocurre alrededor de los 10 días o más de edad del ave. Durante este periodo de tiempo, los enterocitos de las secciones transversales de la vellosidad sufren un incremento significativo de su tamaño (20-40 %), observándose los mayores crecimientos, en aquellos situados en las porciones vaso laterales de la zona apical de la microvellosidad. En consecuencia debido al incremento en la altura, el ancho y el número de enterocitos de la microvellosidad, el área en general de la superficie tiende a incrementarse en paralelo con la altura (Uni et al, 1995).

Durante el proceso de desarrollo de la mucosa digestiva no solo ocurre una rápida proliferación e hipertrofia celular, además es posible observar un incremento en la velocidad de migración del enterocito, demostrando que su tasa de proliferación llega a un punto asintotico al día 7 de edad, mientras que el tiempo de migración del enterocito, desde la cripta hasta el ápice (lugar donde, muere y es exfoliado al lumen) se incrementa con la edad hasta el día14 (Iji et al., 2001a). En un pollo de 2 días de edad, el tiempo de migración ha sido

estimado en 72 horas, en el caso de un pollo de 14 días de edad, este proceso es más lento y se estima en 96 horas (Uni et al, 2000). En aves ha sido observado que el proceso de proliferación de enterocitos puede realizarse también a lo largo de la vellosidad y no solo en las criptas (Geyra et al, 2001; Uni et al, 1998), como ocurre en los mamíferos. Las criptas de las vellosidades intestinales de las aves se desarrollan rápidamente después de la eclosión. Al día de edad, las criptas comienzan a formarse, y a los 2 y 3 días llegan a ser bien definidas. Durante la etapa, las criptas incrementa su tamaño, número y se inicia su ramificación (Geyra et al., 2001; Uni et al, 2000). El desarrollo de las criptas llega a un asintote a los 4- 5 días de edad, haciendo que el número células por cripta se incremente. En este sentido, entre el 4- 5 días de edad, las criptas del yeyuno son de mayor tamaño, ramificadas y con zonas bien definidas de proliferación celular con una constante división y migración de enterocitos (Iji et al., 2001).

La actividad enzimática específica total por vellosidad se incrementa con la edad del ave, ya que la mayor superficie de la vellosidad puede alojar una mayor cantidad de enterocitos, sin que este aspecto este relacionado con la eficiencia individual de cada enterocito. En consecuencia, la capacidad de digestión del pollo se ve favorecida (Nitsan et al, 1991a) y en particular la digestión de las grasas (Ketels y De Groot, 1988).

La mucosa intestinal como se ha indicado representa una gran superficie, en consecuencia, las proyecciones de las microvellosidades muestran considerables variaciones en su forma y distribución (King, 1983). El pollo de engorde entre 7 -28 días de edad, mientras que el desarrollo de las vellosidades es más pronunciado a escala del yeyuno e ileón. En pollos de un día de edad, la mayoría de las vellosidades presentes en el intestino corresponden a vellosidades simples en forma de dedo y pocas en forma de hoja o lengua (Van Leeuwen, et al., 2004). Con la edad, el área de ocupación de la mucosa del intestino delgado por vellosidades es la forma de lengua que disminuye: 82% en

el día 7 a 29% en el día 28. En contraste, el área de la vellosidad que es ocupada por vellosidades en forma de canto se incrementa de un 2% en el día 7 al 63% en el día 28 (Van Leeuwen, et al., 2004).

3.4. Productos de las poblaciones de microorganismos entéricos

En las aves la fermentación ocurre principalmente en los ciegos, estos son colonizados por una abundante flora bacteriana y son los principales lugares de digestión microbiana de carbohidratos y proteínas que han pasado por el intestino delgado. Los ciegos proveen un ambiente estable para los microorganismos, y por lo tanto contienen la más grande y compleja comunidad microbiana. Las bacterias cecales específicas fermentan nutrientes disponibles produciendo una mezcla de ácidos grasos de cadena corta ó AGV, de 2 a 5 carbonos, tales como acético, propiónico, y n-butírico (Barnes y col., 1977; Hinton y col., 1993) que son los productos principales del metabolismo microbiano en el tracto digestivo y constituyen importantes aniones en el lumen del intestino grueso (Macfarlane y Gibson, 1995). También producen aminoácidos, vitaminas B y K (Savage, 1986; Nava y col., 2005), dióxido de carbono y metano. Los AGVs son absorbidos y utilizados por el huésped, la oxidación de estos ácidos suministra del 60-70% de las necesidades energéticas de enterocitos aislados suprime la oxidación de glucosa y ahorra el piruvato intracelular (Butler y col., 1990). El ácido acético es utilizado como combustible metabólico para el músculo, riñón, corazón, y cerebro, y el ácido propiónico es usado para gluconeogénesis hepática. De los tres principales AGVs, el butirato es la principal fuente energética del enterocito, aun cuando compite con sustratos disponibles como glucosa y glutamina. Los datos experimentales con mamíferos sugieren que más del 95% de los AGVs producidos por la microbiota intestinal son usados por la mucosa que cubre el lumen. (Nava y col., 2005).

La actividad metabólica de los AGVs han sido asociados con varias funciones del TGI, tales como la motilidad intestinal, a través de la estimulación del nervio

y músculo (Fukumoto y col., 2003; Ono y col., 2004) y la proliferación de las células epiteliales intestinales, lo cual lleva al incremento del tamaño de las vellosidades, la capacidad absortiva intestinal (Nava y col., 2005), y la secreción de muco intestinal. Esta información sugiere que los AGVs juegan un papel importante en mantener la homeóstasis del lumen intestinal. Además, también se ha reportado que los AGVs no solamente tienen efecto sobre la integridad de la mucosa intestinal, sino también sobre la ecología de la microbiota luminal, ya que, contribuyen a determinar los microorganismos presentes en la porción distal del tracto gastrointestinal por la inhibición de las bacterias patógenas e inmunomodulación del huésped (Barnes y col., 1979; Nava y col., 2005).

En este contexto los AGV poseen propiedades bacteriostáticas y bacteriocidas contra organismos tales como Salmonella y E. coli (Barnes y col., 1979) La acción bacteriostática de AGV es ejercida cuando el ácido está en estado lipofílico no disociado y se incrementa a medida que el pH del intestino disminuye (Barnes y col., 1979). Aunque los mecanismos exactos por los cuales los AGV inhiben la microflora patógena intestinal no son claros, se cree que los AGV no disociados, penetran la membrana celular de la bacteria y se disocian en el citoplasma más alcalino, incrementando por este medio la pérdida interna de protones, de modo que el flujo de protones no es suficientemente rápido para alcalinizar el citoplasma (Kashket, 1985; Cherrington y col., 1991). El lactato producido principalmente por bacterias sacarolíticas (Lactobacillus, Bifidobacteria, Enterococcus, Pediococcus, y Streptococcus) durante la fermentación de carbohidratos, puede servir para proteger al ave de bacterias patógenas (Salmonella, E. coli, Clostridium) disminuyendo el pH del intestino, e impidiendo el crecimiento bacterias (Barrow, 1992).

3.5. Alteraciones de la Morfología Intestinal causadas por la Dieta

Existe una relación positiva entre la infección por patógenos y el espesor de la lámina propia del ciego. Tellez et al. (1994). Durante la infección por bacterias

patógenas, los linfocitos aumentan para eliminar los patógenos causando inflamación y a su vez un aumento del espesor de la lámina propia. Al respecto, Xiaolun, (2004), encontró interacciones significativas entre la edad y las dietas experimentales, en la altura de las vellosidades (V), la profundidad de la cripta (C) y la relación V/C en el duodeno e íleon. Iji, et al., (2001) encontraron datos similares sobre la altura de vellosidades en aves de 1 a 21 días de edad, la cual aumentaba en el duodeno, yeyuno, e íleon con la edad, mientras la profundidad de la cripta aumentó solo en el duodeno y yeyuno. Otro de los estudios que relaciona los efectos de la dieta sobre la morfología intestinal; fue realizado por Yasar, et al., (1999), quienes observaron en pollos de engorde alimentados con dietas húmedas, un aumento en la altura de las vellosidades y menor profundidad de las criptas del duodeno, yeyuno, íleon, ciego y colon, comparado con los pollos alimentados con dietas secas.

Otro aspecto importante relacionado con los efectos de macronutrientes y micronutrientes sobre el desarrollo de la estructura del intestino ha sido analizado en las siguientes dos investigaciones. Yamauchi et al. (1993), observaron vellosidades más grandes en pollos de engorde alimentados con dietas altas en proteína y bajas en energía, comparadas con pollos de engorde a los que se les suministró dietas bajas en proteína y altas en energía.

Iji, y Colaboradores, (2001), muestran, aumentos en la altura de las vellosidades del yeyuno de pollos alimentados con mananos oligosacaridos obtenidos de levaduras (Bio-Mos® 5g/kg) a los 28 días de edad. Entre los 7 a los 28 días de edad la altura de las vellosidades y la profundidad cripta en el yeyuno e íleon, no fue afectada. En este estudio, solo hasta los 49 días, fueron observados efectos significativos de los mananos sobre la morfología del intestino, lo anterior muestra que los efectos de estos carbohidratos sobre la morfología intestinal posiblemente se observan más claramente en el largo plazo.

3.6. Bibliografía

Barnes, E.M. 1977. Ecological concepts of the anaerobic flora in the avian intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 30:1793-1798.

Corrier, D.E., Hinton, A. Jr., Ziprin, R.L., Beiber, R.C., y DeLoach, J.R. 1990. Effect of dietary lactose on cecal pH, bacteriostatic volatile fatty acids, and salmonella typhimurium colonization of broiler chicks. *Avian Diseases*. 34:617-625.

Denbow, D. M. 2000. *Gastrointestinal Anatomy and physiology*. Pages 299-325 in *Sturkie's Avian Physiology* 5th edition. G.C. Whittow, ed. Academic. Press. San. Diego, USA.

Development of Animal Nutrition (DAN) and Lesaffre Feed Additives (LFA). 2005. "saf mannan" manual técnico 2005. "Levaduras y sus derivados: nuevos retos y posibilidades en Nutrición Animal" Memorias. Joint Symposium, Zaragoza, Spain, April, 14 del 2005.

Dibner, J.J. and Richards. 2004. The digestive system: challenges and opportunities *J. Appl. Poult. Res.* 13: 86-93.

Geyra, A, Z. Uni, and Osklan 2001a. Enterocyte dynamics and mucosal development in the post hatch chick. *Poult. Sci.* 80:776-782

Hinton, A.Jr., Corrier, D.E., Spates, G.E., Norman, J.O., Ziprin, R.L., Beier, R.C. y DeLoach, J.R. 1990. Biological control of *Salmonella typhimurium* in young chickens. Vol. 34 (3):626-633.

Iji, P. A., A. A. Soki, and D. R. Tivey. 2001a. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 1. Intestinal Weight and mucosal development. *Br. Poult. Sci.* 445: 505-513.

Iji, P. A., A. A. Soki, and D. R. Tivey. 2001b. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 2. Development and characteristics of Intestinal enzymes. *Br. Poult. Sci.* 445: 514-522.

Iji, P.A. 1999. The impact of cereal non-starch polysaccharides on intestinal development and function in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*. 55(4): 375-387.

Józefiak, D., A. Rutkowski, and S.A. Martin. 2004. Carbohydrate fermentation in the avian ceca a review. *A. Feed. Sci. and Technol.* 113:1-15.

Katels, S. E. and G. Grothe. 1988. The nutritional value for broilers of fats characterized by short chain fatty acids as affected by level of inclusion and age. *A: feed. Sci. and Technol.* 22:105-118.

King, I.S., Paterson, M. A. Reacock, M.W. Simith, and G. Syme, 1983. Effect of diet upon enterocyte differentiation in the rat jejunum. *J. Physiol.* 344:465-481.

Lesson, S., and J. D. Summers. 2001. *Scott's Nutrition of the chicken*. 4th. Edition. University Books. Guelph-Ontario, Canada.

Lilja, C. 1983. A comparative study of postnatal growth and development in some species of birds. *Growth.* 47: 347-386.

Long, J.F. 1967. Gastric Secretions in anaesthetized chickens. *Am. J. Physiology.* 212:1303-1307.

MacFarlane, S., and G. T. MacFarlane. 1995. Proteolysis and amino acid fermentation. pages 75-100 in: *Human colonic bacteria: role in nutrition, physiology, and pathology*. G. R. Gibson and G. T. MacFarlane, Eds. CRC press.

Moran, Jr. E.T. 1982. *Comparative nutrition of fowl and swine. The gastrointestinal system*. University of Guelph. Ontario, Canada.

Moran, Jr. E.T. 1996. Intestinal physiology influencing, enteric disease in fowl. 39th Annual meeting of Avian Pathology. Luisville, K. Y. July 21, 1996.

Nitsan, Z., E. A. Dunnington, and P. B. Siegel. 1991. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age lines of chickens deferring an body weight. *Poult. Sci.* 70: 2040-2048.

Oriol, E. 2004. Saf mannan: Origen producción y análisis. *Memorias VI Seminario Internacional (Microbiología Aplicada a la Nutrición Animal)*. Le saffre feed Additives/ saf. Agri. Nov 4. Veracruz México.

Savage, T.F., P.F. Cotter, and E.I. Zakrzewska. 1996. The effect of feeding a mannan oligosaccharide on immunoglobulins, plasma IgG and bile IgA of wrolstad MW male turkeys. *Poultry Science* 75 (supp. 1):abstract s129.

Stone, C. W. 2006. *Yeast products in the feed industry. A practical Guide for feed professionals*. [http://www. Diamondv.com/articles/booklet/booklet.html](http://www.Diamondv.com/articles/booklet/booklet.html).

Turk, D.E., 1982 *The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization*. *Poult. Sci.* 61:1225-1244.

Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan. 1995. Post hatch changes in morphology and function of the small intestine in heavy and Light strain chicks. *Poult. Sci.* 74: 1622-1629.

Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan. 1996. Developmental parameters of the small intestines in heavy and Light strain chicks pre and post hatch. *Poult. Sci.* 36: 63-71.

Uni, Z., R. Platin, and D. Sklan. 1998. Cell proliferation in chicken intestinal epithelium occurs both in the crypt and along the villus. *J. Comp. Physiol. B.* 168: 241-247.

Uni, Z., A. Geyra, H. Bent-Hur, and D. Sklan. 2000. Small intestines development in the young chicks chick: crypt formation and enterocyte proliferation and migration. *Br. Poult. Sci.* 41: 544-551

Van Der Wielen, P.W., S. Biesterveld, S. Notermans, H. Hofstra, B. A. Urlings, y F. van Knapen. 2000. Role of volatile fatty acids in development of the cecal microflora in broiler chickens during growth. *Appl Environ Microbiol* 66:2536- 40.

Van Dijk. J.E., J. Husman, and J.F.G. Koninkx. 2002. Structural and Functional aspects of a healthy gastrointestinal tract. Pages 71-98. in *Nutrition and health of the Wageningen, The Netherlands.*

Van Leeuwen, P., J. M. V. M., Mowen, J.P., Van Der, Klis, and M.W.A. Verstegen. 2004. Morphology of small intestinal mucosal surface of broilers in relation to age diet formulation small intestinal microflora and performance. *Br. Poult. Sci.* 45: 41-48.

Wiser, M. M. 1973. Intestinal epithelial cell surface membrane glycoprotein synthesis I. And indicator of cellular differentiation. *J. Biol. Chem.* 248: 2536-2541.

Capítulo 4.

Evaluación de levaduras en dietas para pollos de engorde machos y su influencia sobre el desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos e incidencia de Ascitis.

4.1. Resumen

Dentro de las estrategias estudiadas para mejorar las condiciones funcionales del TGI, se encuentra el empleo de nuevos productos alimenticios con características nutricionales y funcionales. Dentro de estas posibilidades, se ha evaluado el empleo de levaduras en sistemas de alimentación de aves. Este estudio trata de evaluar el potencial funcional y nutricional de tres (3) diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales colombianos en sistemas de alimentación de pollos de engorde machos y sus efectos en el desempeño productivo, calidad de la canal, parámetros hematológicos e incidencia de Ascitis. Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (Inclusión de 0.5% de la dieta de 3 diferentes cepas de levaduras nativas y dos controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y un control sin levadura), se realizaron comparaciones de los valores promedio de las variables respuesta con la prueba de Tukey y con un nivel de significancia ($P < 0.05$), mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). Un efecto positivo en el desempeño productivo de los pollos que recibieron las dietas con levaduras, comparados con las aves del grupo control, sin suplementar, fue observado durante la fase de crecimiento y total del estudio. Mejores ganancias de peso corporal (diferencias estimadas de 107 y 137 g, respectivamente) y mejor eficiencia y conversión alimenticia total (diferencias estimadas de 4% y 0.11%, respectivamente). Adicionalmente el peso corporal en pie y en canal y rendimiento de la rabadilla, fueron también superiores (con diferencias estimadas de 247 g, 158 g y 1.5%, respectivamente) con la suplementación de

0.5% de levadura. Un valor mas alto de la relación Ventrículo Derecho/Ventrículo Total, en las aves que recibieron las dietas con levaduras (con una diferencia estimada de 0.06), posiblemente explicado por la mayor exigencia de oxígeno durante el experimento. El análisis económico reveló que los ingresos parciales, fueron menores para los pollos del grupo control sin levaduras comparado con pollos suplementados ($P < 0.01$). En conclusión, la suplementación general de 0.5% de levaduras favoreció los parámetros productivos en pie y producción en canal, lo cual estuvo relacionado con un mayor valor de la relación de peso del Ventrículo derecho/peso del Ventrículo total (suma de ventrículos izquierdo y derecho), pero con unos mayores ingresos parciales en pie y en canal, y unos menores costos para los pollos suplementados con levaduras.

Palabras clave:

Aditivos, aves, ganancia de peso, conversión, ternera, pérdidas por goteo, rendimientos de la canal, hipertrofia ventricular.

4.2. Introducción

El uso en dietas de promotores de desempeño (APPs) en la producción avícola, está bajo exámen, debido a que han sido implicados en función de resistencia microbiana. Frente a esta problemática se están desarrollando actualmente alternativas al uso de estos productos, cubriendo diferentes aspectos entre los que se encuentran: normas de bioseguridad y manejo, vacunación, selección genética, exclusión competitiva y el desarrollo de productos multifuncionales como: probióticos, prebióticos, oligosacáridos (mananoligosacáridos y fructooligosacáridos), ácidos orgánicos como el fumárico y extractos vegetales (aceites esenciales de orégano), entre otros.

Los oligosacáridos son considerados como las alternativas más prometedoras al uso de los APPs, pues facilitan y apoyan la relación simbiótica entre el hospedero y su microflora. Manano-oligosacáridos, son derivados de la superficie celular de las levaduras, específicamente de su pared celular. Estos

compuestos tienen una alta afinidad ligante, ofreciendo un sitio competitivo obligatorio para un determinado tipo de bacterias.

En el campo de la alimentación aviar, antes del descubrimiento de las vitaminas del complejo B, las levaduras, específicamente la de cerveza, se utilizaban como complemento alimenticio. Posteriormente se desarrollaron amplias investigaciones sobre el uso de levaduras y su incidencia en la salud y productividad animal (Cuaron, 2000; Lesson y Summers, 2001; Newbold, 2003; Van Vuuren, 2003).

Dentro de las levaduras más usadas se encuentran *Saccharomyces cerevisiae* (SC), *Saccharomyces boulardii*, *Cryptococcus curvatus*, *Candida utilis* o *Torula utilis*. En cuanto, a levadura *Saccharomyces cerevisiae* Sc7 es una de las especies de levaduras que ha sido aprobada como un microorganismo seguro en alimentación animal por la Unión Europea (EEC 701524) y por países como Japón (Nitta y Kobayashi, 1999) y Estados Unidos de América, donde la FDA (US Food y Drug Administration) le han otorgado el grado de microorganismo seguro o grado GRAS (Generally Recognised As Safe).

La SC es la levadura con mayor número de reportes científicos como aditivo natural. (NRC, 1994, Miazzo y Kraft, 1998, Miazzo et al., 2001 y Cruickshank, 2002). En estos estudios los niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde variaron entre 0.5% y 1.5% (Miazzo et al., 1995, 1997, 1998 y 2001, Miazzo, et al., 2005) y de 0.2% y 1% (Churchil et al., 2000 y Upendra y Yathiaray, 2003). Encontrando que estos porcentajes de inclusión no afectaron el comportamiento productivo de los pollos de engorde. Otros estudios también señalan los beneficios de la inclusión de levaduras en aves (Murakami et al., 1993; Teeter, et al., 1993; Ergül, 1994; Kumprechtová et al., 2000; Spring et al., 2000; Santin et al., 2001; Grangeiro et al., 2001). Adicionalmente, el rendimiento y la calidad de la canal, y una carne con niveles proteicos altos y bajos niveles de grasa, han tratado de ser mejoradas agregando levaduras a las dietas, como

SC. (Onifade et al., 1999; Adejumo et al., 1999; Gagic et al., 2003; Modirsaneí, et al., 2003; y Miazzo, et al., 2005)

Por otra parte, los programas de mejoramiento genético, en la búsqueda de una máxima velocidad de crecimiento, mayores ganancias de peso corporal, alta eficiencia alimenticia y viabilidad, mayor rendimiento en canal y menores deposiciones de grasa, han desencadenado síndromes fisiológicos como el estrés calórico, la muerte súbita y la ascitis (Fernández, et al., 2004). En particular el síndrome de ascitis aviar se basa, en la premisa de que un déficit de oxígeno aumenta la concentración de hemoglobina, el hematocrito y el número del eritrocitos, con el aumento consecuente de la viscosidad sanguínea.

En el contexto de los planteamientos presentados, este capítulo va dirigido a evaluar el potencial funcional y nutricional de 3 diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales Colombianos y de dos levaduras comerciales y un control sin levadura. Además, debido a la importancia de la ascitis aviar en el área de influencia del estudio, en esta investigación se evalúa el efecto de la inclusión de levaduras (0.5% de la dieta) sobre el síndrome de ascitis en pollos de engorde machos.

4.3. Materiales Y Métodos

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones de CORPOICA Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera, Colombia, ubicado a 2650 msnm, con una temperatura media de 14.5°C, precipitación anual de 800 m.m. y humedad relativa de 70%.

Instalaciones y equipos

Para el trabajo experimental se utilizó 1 galpón de 18 mts. de largo por 5 mts. de ancho. Las aves se alojaron aleatoriamente en 3 baterías verticales de cria

provistas de los elementos necesarios para efectuar todas las mediciones requeridas: comederos de canal para el suministro de las dietas experimentales, bebederos automáticos con copa, fuente eléctrica de calor, rejilla, y bandeja de recolección de heces. La densidad máxima manejada fue de 10 aves/corral. La temperatura se mantuvo a partir de la segunda semana de edad, entre 23-28°C.

Programa sanitario

Todos los pollos de engorde fueron sometidos durante el periodo experimental al mismo programa sanitario, prácticas de manejo y calendario de vacunación de acuerdo a las normas establecidas por CORPOICA, en el Centro de Investigaciones de Tibaitatá.

Material experimental

Se utilizaron 240 pollos machos de la estirpe HYBRO recién nacidos, provenientes de una incubadora comercial. Los pollos fueron preseleccionados buscando una homogeneidad en el peso corporal (se eliminaron pesos atípicos de más de una desviación estándar de la mediana), tamaño, características fenotípicas y sanidad, de tal manera que las diferencias de estas variables fueran mínimas, para disminuir al máximo el error experimental.

Dietas experimentales

Se evaluaron 6 dietas en harina formuladas en el ámbito comercial con y sin la adición de levaduras (nivel de inclusión 0.5% a expensas del contenido de maíz) y de acuerdo con un sistema de alimentación por fases: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad). La composición de cada dieta fue de 22%, 21% y 20% de proteína cruda y 3000, 3050 y 3100 Kcal/kg de energía metabolizable aparente (EMA) para cada fase de alimentación respectivamente. La formulación de las dietas experimentales se realizó utilizando el programa UFFDA y se utilizaron los valores composicionales de ingredientes reportados en el NRC, (1994), y ajustadas a la composición de estos recursos alimenticios en Colombia. **Tabla 4.1.**

Los grupos experimentales fueron los siguientes:

Tratamiento 1: dieta control sin inclusión de levadura

Tratamiento 2: dieta con inclusión de levadura comercial Levapan® presentación seca

Tratamiento 3: dieta con inclusión de levadura comercial AB vista®

Tratamiento 4: dieta con inclusión de levadura nativa 1

Tratamiento 5: dieta con inclusión de levadura nativa 2

Tratamiento 6: dieta con inclusión de levadura nativa 3

Las levaduras 1, 2 y 3, corresponden a los géneros: la accesión No. 008 *Cryptococcus humicola*, aislada de Manzanas (*Pyrus mulas*) cultivadas en Nuevo Colón, Boyacá, Colombia. La No. 077 correspondiente como *Cryptococcus laurentii*, aislada de Granadillas (*Pasiflora lingularis*) cultivadas en Río Negro, Antioquia, Colombia. Y la No. 196, *Cryptococcus humicola*. Y hacen parte del banco de germoplasma de CORPOICA, del centro de Biotecnología y Bioindustria (CBB). La identificación de estas levaduras fue realizada por el Laboratorio de Control Biológico y el Centro de Biotecnología y Bioindustrias de CORPOICA (Cotes, 2006, comunicación personal).

Tabla 4.1. Composición de las dietas experimentales

MATERIA PRIMA	Preiniciación (1-7)		Iniciación (8-24)		Crecimiento (25-35)	
	Control	Levadura (0,5%)	Control	Levadura (0,5%)	Control	Levadura (0,5%)
	Inclusión (%)					
Maíz	48,67	48,17	52,20	51,70	55,82	55,32
Harina arroz	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Torta Soya 49	25,43	25,43	22,08	22,08	18,65	18,65
Soya Extraída	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Harina pescado 64	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Aceite de Palma	1,63	1,63	1,81	1,81	1,89	1,81
Carbonato Ca	1,25	1,25	1,19	1,19	1,10	1,19
Fosfato dicálcico	1,49	1,49	1,36	1,36	1,19	1,36
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Bicarbonato de Na	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
DL- Metionina	0,22	0,22	0,16	0,16	0,15	0,15
L- Lisina HCl	0,27	0,27	0,20	0,20	0,21	0,21
L -Treonina	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08
Cl. Colina 60%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Premex Min y Vit	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
LEVADURA ¹		0,50		0,50		0,50

¹ Las levaduras fueron incluidas en la dieta a expensas del maíz

Metodología

El experimento de alimentación se realizó durante un período de 36 días. El alimento fue suministrado cada día a la misma hora y junto con el agua de bebida se proporcionaron a voluntad. Al iniciar el experimento se pesaron todas las aves y luego a los días 3, 8, 11, 15, 18, 22, 26, 29, y 36 del experimento. Para los registros de peso corporal se utilizó una balanza de precisión en gramos.

Se registro periódicamente la cantidad de alimento consumido descontándolo de la cantidad suministrada al inicio de cada fase de alimentación. Con estos datos se calculó el consumo de alimento y la conversión alimenticia por fases de producción. Diariamente se registró el número y peso corporal de las aves muertas por corral para calcular la conversión de alimento ajustada.

En el día 36 de edad, se pesaron el total de los pollos por corral y fue evaluada la uniformidad del peso corporal. El día 36, después de 24 horas de ayuno, 4 pollos de cada grupo experimental fueron sacrificados de forma manual por sangrado de la vena yugular y la arteria carótida, dejando un tiempo aproximado de sangría de 2 minutos y medio antes de entrar a la escaldadora, donde fueron sumergidos en agua a 58 a 60°C durante 100 segundos, desplumados, separadas las patas, cabeza, cuello y eviscerados, finalmente las canales fueron sumergidas en agua con hielo a 1°C a 4°C, durante 40 minutos. Se tomaron los pesos de las fracciones y la canal para determinar el rendimiento. Estos procedimientos fueron realizados en la planta de sacrificio del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia.

Perdida de agua por goteo

Se tomó una muestra del músculo Tríceps femoral fresco de 4 pollos por replica postmortem por tratamiento. La base de la determinación de la pérdida por goteo

el método de Honikel y Hamm (1994). A este método se le realizó la siguiente modificación propuesta por Moron, et. al., (2003): se cortaron trozos de 0.5 cm de ancho x 0.5 cm de alto x 3.0 cm de largo, longitudinalmente a la fibra muscular. Las muestras de carne se pesaron (5.7 g promedio) en una balanza analítica y posteriormente fueron colocadas en vasos de plástico suspendidas con hilo, evitando que el trozo de músculo tocara las paredes o tapa del vaso. El procesamiento de las muestras se realizó a 4°C realizando pesajes cada 24 horas (**24, 48 y 72 horas**). El porcentaje de pérdida por goteo se calculó en función a la diferencia de peso inicial menos el peso final por 100.

Perdida de agua por cocción

Se colocaron las pechugas de 4 pollos por tratamiento, en un recipiente cubierto con papel de aluminio y se cocinaron en un horno convencional a 177 °C hasta que la carne alcanzó una temperatura interna de 77 °C. El líquido liberado se eliminó y se pesaron las muestras para determinar la pérdida de agua por cocción (Ramos, 2005).

Terneza

La terneza se evaluó aplicando el método de Warner-Bratzler a una sección de la carne cocida como se indicó en la sección anterior. Los segmentos (en promedio 8 cortes) de carne se obtuvieron cortando una franja de la pechuga y del pernil cocinados de un centímetro de alto, un centímetro de ancho y tres centímetros de largo. El eje más largo del segmento se ubicó paralelamente a la fibra muscular. Los segmentos de carne se colocaron perpendicularmente a la cuchilla triangular del equipo Warner-Bratzler y se determinó, la fuerza requerida para hacer el corte (Ramos, 2005).

Parámetros hematológicos

Al final de periodo experimental se tomaron muestras de sangre de 4 aves seleccionadas al azar de cada replica, 5 ml de sangre de cada pollo fue coleccionada en tubos VACUTAINER®, para análisis hematológicos en el

Laboratorio Clínico de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia y en el centro de investigación en salud animal (CEISA) de CORPOICA.

Igualmente, fueron colectados y pesados los corazones de 4 pollos de cada repetición, determinado el peso del ventrículo derecho (VD) y del ventrículo izquierdo (VI). Cuando la relación peso del (VD)/ peso del Ventrículo Total (VT) presentó valor entre 0,25 a 0,299 se consideró como una hipertrofia moderada, severa cuando superó 0,299 y normal por debajo de 0,25. (Juliano, et al., 1992).

Se realizaron necropsias de todas las aves que murieron, para determinar la presencia o ausencia de lesiones por ascitis. El diagnóstico de ascitis estuvo basado en la cantidad aumentada de líquido abdominal y presencia de coágulos de fibrina en el abdomen, así como por la dilatación y congestión del ventrículo derecho y un hígado aumentado, congestionado o irregular.

Análisis económico de presupuestos parciales

El análisis económico comparativo se realizó a través de la técnica de presupuestos parciales, basado en los costos e ingresos por tratamiento o grupo experimental. Para estimar el costo por kilogramo de pollo en pie por tratamiento se utilizó el modelo descrito por Marini, (1978).

$$C = \frac{B}{X} + c(Y_i)$$

Donde:

- C = Costo por kg de pollo en pie en pesos, \$
- B = Costo del ave de un día, \$
- X = Peso corporal del pollo a los 35 días de edad
- Y = Conversión de alimento
- c = Costo del alimento a los 35 días de edad
- i = Tratamiento experimental

El ingreso parcial por pollo en pie por tratamiento fue estimado así:

$$I N P = \frac{(P_y * Y_i) - (P_x * X_i)}{n}$$

Donde:

- INP = Ingreso neto parcial por pollo en pie a los 35 días, \$
- Py = Precio de kg de pollo en pie, \$
- Y = Cantidad de pollo en kg a los 35 días de edad
- Px = Precio del kg de alimento, \$
- X = Cantidad de alimento consumido a los 35 días de edad
- n = Número de pollos a los 35 días de edad/réplica
- i = Tratamiento experimental

El ingreso parcial por pollo en canal a los 35 días de edad fue estimado mediante la ecuación:

$$IPC = \frac{INP + [Py (Y_i * X_i)]}{n}$$

Donde:

- IPC = Ingreso parcial por pollo en canal a los 35 días, \$
- INP = Ingreso neto parcial por pollo en pie a los 35 días, \$
- Y = Cantidad de pollo en kg a los 35 días de edad
- X = Rendimiento en canal, %
- n = Número de pollos/tratamiento
- i = Tratamiento experimental

El ingreso parcial por pollo fraccionado por tratamiento fue estimado mediante la ecuación:

$$IPPF = \frac{[(Py_2Y_{2i} + Py_3Y_{3i} + Py_4Y_{4i} + Py_5Y_{5i}) - IPC]}{n}$$

Donde:

- IPPF = Ingreso parcial por pollo fraccionado a los 35 días, \$
- IPC = Ingreso parcial por pollo en canal a los 35 días, \$
- Py₂ = Precio de la pechuga, \$
- y = Cantidad de kg de pechuga a los 35 días
- Py₃ = Precio de la pierna-pernil, \$
- y = Cantidad de kg de pierna-pernil a los 35 días
- Py₄ = Precio de las alas-costilla, \$
- y = Cantidad de kg de alas-costilla a los 35 días
- Py₅ = Precio de la rabadilla, \$
- y = Cantidad de kg de rabadilla a los 35 días
- n = Número de pollos/tratamiento
- i = Tratamiento experimental

Análisis estadístico

Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (Inclusión de 3 diferentes cepas de levaduras nativas, dos con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y control sin levadura), 4 réplicas y 10 aves por réplica. Cada piso de cada batería se dividió en dos corrales (de 10 aves), el corral fue considerado como la unidad experimental. Las variables respuesta se analizaron bajo un diseño completamente al azar con muestreo en las unidades experimentales con el siguiente modelo estadístico:

$Y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$, con Y_i = respuesta dependiente, μ = media, α_i = efecto del tratamiento dietético, ε_i = error para el tratamiento $i \sim N(0, \sigma_\varepsilon)$. Las diferencias entre los promedios de los tratamientos fueron calculados por el procedimiento de mínimos cuadrados de SAS, con nivel de significancia $P < 0.05$.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación no planeada para ver las diferencias de los tratamientos en los promedios de los parámetros productivos, rendimiento y calidad de la canal, parámetros hematológicos, costos e ingresos parciales. Adicionalmente, se realizó una comparación de la estimación de medias de los siguientes contrastes: control vs. levaduras y levaduras comerciales vs. levaduras nativas mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). Las diferencias fueron consideradas significativas $P < 0.05$, aunque valores de probabilidad $P < 0.10$ fueron consideradas como una tendencia.

Los datos de hipertrofia ventricular, se evaluaron usando procedimiento FREQ de SAS, (2002). Se obtuvieron Inferencias sobre la hipertrofia ventricular haciendo un análisis de tablas de contingencia de la ascitis respecto al tratamiento y a partir de estas, se calculó el riesgo directo, relativo y realción odds.

4.4. Resultados

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDE

Consumo de alimento por fase y total (g/ave)

El efecto promedio de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad) sobre el consumo de alimento total, se muestra en la **Tabla 4.2**. Diferencias significativas ($P < 0.05$) fueron observadas, durante el periodo de iniciación, para los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 2, los cuales consumieron mas alimento (1454 g) comparado con los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 1 (1309 g). En contraste de los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3), ($P < 0.02$) y en promedio consumieron menos alimento (-73.68 g) (**Tabla 4.2**).

El consumo de alimento acumulado durante todo el experimento no fue afectado por la inclusión de levaduras ($P > 0.05$). Sin embargo, los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®), comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3) consumieron menos alimento durante el periodo experimental (-169,37g), ($P < 0.03$) (**Tabla 4.2**).

Tabla 4.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el consumo de alimento total de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento)

Tratamiento	Consumo de alimento /fase (g)			Consumo total
	Preiniciación (0-7)	Iniciación (8-24)	Crecimiento (25-35)	
Control	101	1348 ab	1103	2552
Levapan® presentación seca	105	1325 ab	1124	2554
AB vista®	104	1333 ab	1034	2470
Levadura Nativa 1	103	1309 b	1193	2604
Levadura Nativa 2	110	1454 a	1135	2699
Levadura Nativa 3	106	1445 ab	1191	2742
Significancia	ns	**	ns	ns
Error est. Media ¹	7,64	67,10	141,20	160,52
Contrastes	Probabilidad (F)			
Control vs Levaduras	0,381	0,500	0,675	0,490
Comerciales vs Nativas	0,579	0,027	0,163	0,033

Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	-3,76	-25,25	-33,00	-62,00
Comerciales vs Nativas	-1,97	-73,68	-93,73	-169,37

¹ ESM: Error estándar de la media del modelo

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

Ganancia de peso corporal (g/ave)

El efecto promedio de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad) sobre la ganancia de peso corporal por fase y acumulada, se muestra en la **Tabla 4.3**. Durante la fase de crecimiento se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Los valores promedio mas altos para la ganancia de peso corporal se presentaron en los grupos con Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3 (656 y 638 g/ave respectivamente) y el valor promedio mas bajo fue observado en el grupo control (472 g/ave). Los promedios para los tratamientos Levapan®, AB vista® y Levadura Nativa 1, fueron similares entres si y comparados con el grupos control, y con las Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3.

Los pollos que recibieron la dieta control durante la fase de crecimiento, comparados con los pollos que recibieron levaduras presentaron menor ganancia de peso corporal, con una diferencia estimada de (106,72 g/ave/fase) ($P < 0.015$). Esta diferencia se mantuvo en las aves que recibieron las dietas con inclusión de levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®), comparadas con la inclusión de levaduras nativas (1, 2 y 3), con una diferencia estimada de (102,95 g/ave) a favor de las levaduras nativas ($P < 0.006$). (**Tabla 4.3**).

La ganancia de peso corporal acumulada (g/ave) durante el experimento fue afectada por la inclusión de levaduras ($P < 0.01$). Los promedios mas altos se presentaron en los grupos que recibieron la Levadura Nativa 2 y Levadura

Nativa 3 (1654 y 1654 g respectivamente) y el valor promedio mas bajo fue para el grupo control (1460 g), los promedios en los tratamientos Levapan®, AB vista® y Levadura Nativa 1, fueron similares entre si y con respecto a los presentados para el tratamiento Control, Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3. En resumen, a los 35 días de edad se mantuvo la tendencia observada durante la fase de crecimiento en el sentido que el grupo control presentó un menor peso corporal en comparación con los pollos suplementados con levaduras nativas 1 y 2 (P< 0.05).

Los pollos que recibieron las levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®), comparados con los pollos de las levaduras nativas (1, 2 y 3) ganaron menos peso durante el periodo experimental (98,93 g/ave) (P < 0.013), esta diferencia se mantuvo en las aves que recibieron la dieta control comparadas con la inclusión de levaduras, con una diferencia estimada de (136,65 g) a favor de las levaduras nativas (**Tabla 4.3.**).

Tabla 4.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la ganancia de peso corporal por fase y acumulado de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento)

Tratamiento	Ganancia peso /fase (g/ave)			total
	Preiniciación (0-7)	Iniciación (8-24)	Crecimiento (25-35)	
Control	102	886	472 b	1460 b
Levapan® presentación seca	112	909	526 ab	1547 ab
AB vista®	106	914	507 ab	1527 ab
Levadura Nativa 1	109	926	566 ab	1600 ab
Levadura Nativa 2	110	888	656 a	1654 a
Levadura Nativa 3	113	904	638 a	1654 a
Significancia	ns	ns	**	**
Error est. Media ¹	7,64	46,07	72,80	90,91
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0,078	0,393	0,015	0,013
Comerciales vs Nativas	0,658	0,794	0,006	0,028
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	-7,83	-22,10	-106,72	-136,65
Comerciales vs	-1,57	5,59	-102,95	-98,93

Nativas

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Eficiencia alimenticia por fase y acumulada (%)

La inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad) en la eficiencia alimenticia, se muestra en la **Tabla 4.4**. Se presentaron diferencias significativas en esta variable durante las fases de

iniciación y crecimiento ($P < 0.05$). Durante la fase de iniciación, los pollos que recibieron los tratamientos: Levapan®, AB vista® y levadura nativa 1, presentaron mejor eficiencia alimenticia (69, 69 y 70%, respectivamente) comparado con los pollos que recibieron levadura nativa 2 y levadura nativa 3 (61 y 63 %, respectivamente). Los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron una mayor eficiencia alimenticia (diferencia estimada de 3,72 %) (**Tabla 4.4**). Durante la fase de crecimiento, los pollos del grupo control comparados con los pollos que recibieron levaduras presentaron menor eficiencia alimenticia (diferencia estimada de -8,43 %) ($P < 0.017$).

La eficiencia alimenticia durante el ciclo completo del estudio no fue afectada por la inclusión de levaduras ($P > 0.05$). Sin embargo, los pollos que recibieron la dieta control comparados con los pollos que recibieron levaduras presentaron una menor eficiencia alimenticia (diferencia estimada de -3,90 %) ($P < 0.023$) (**Tabla 4.4**).

Tabla 4.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la eficiencia alimenticia por fase y acumulada de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento) (0-35 días de edad)

Tratamiento	Eficiencia alimenticia/ fase (%)			Eficiencia alimenticia total
	Preiniciación (0-7)	Iniciación (8-24)	Crecimiento (25-35)	
Control	101	66 ab	43 b	57
Levapan®	107	69 a	47 ab	61
AB vista®	102	69 a	49 ab	62
Levadura Nativa 1	106	71 a	47 ab	61
Levadura Nativa 2	101	61 b	58 a	61
Levadura Nativa 3	107	63 b	54 b	60
Significancia	ns	***	**	ns
Error est. Media ¹	6,03	2,85	5,85	2,87
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0,276	0,688	0,017	0,023
Comerciales vs Nativas	0,936	0,010	0,069	0,890
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	-3,70	-0,64	-8,43	-3,90
Comerciales vs Nativas	0,22	3,72	-5,17	0,17

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente P < 0.05; ns= P > 0.05

Conversión alimenticia por fase y acumulada

La inclusión de levaduras en dietas para pollos de engorde machos durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad) con respecto a la conversión alimenticia, se muestra en la **Tabla 4.5**. Diferencias significativas fueron encontradas durante la fase de iniciación y crecimiento (P < 0.05). Durante la fase de iniciación, los pollos que recibieron los tratamientos: Levapan®, AB vista® y levadura nativa 1, presentaron menor conversión alimenticia (1.46, 1.46 y 1.41, respectivamente) comparado con los pollos que recibieron los tratamientos: levadura nativa 2 y levadura nativa 3 (1.64 y 1.60, respectivamente) (P < 0.05). Los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron levaduras

nativas (1, 2 y 3) presentaron los primeros una menor conversión alimenticia con una diferencia estimada de (0.09) a favor de las levaduras comerciales (P < 0.008) (**Tabla 4.5.**).

Durante la fase de crecimiento, los pollos del grupo control comparados con los del grupo de levaduras presentaron, una mayor conversión alimenticia con una diferencia estimada de (0.40) a favor de la inclusión de levaduras (P < 0.018).

La conversión alimenticia durante el ciclo completo no fue afectada por la inclusión de levaduras (P>0.05). Sin embargo, los pollos que recibieron la dieta control comparados con los pollos que recibieron las dietas con inclusión de levaduras presentaron mayor conversión alimenticia con una diferencia estimada de (0.11) a favor de la inclusión de levaduras (**Tabla 4.5.**).

Tabla 4.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la conversión alimenticia por fase y acumulada de pollos de engorde machos en un sistema de alimentación por fases (preiniciación, iniciación y crecimiento)

Tratamiento	Conversión alimenticia/ fase			Conversión alimenticia total
	Preiniciación (0-7)	Iniciación (8-24)	Crecimiento (25-35)	
Control	0,10	1,52 ab	2,38 b	1.75
Levapan®	0,93	1,46 a	2,13 ab	1.65
AB vista®	0,98	1,46 a	2,04 ab	1.62
Levadura Nativa 1	0,95	1,41 a	2,11 ab	1.63
Levadura Nativa 2	0,10	1,64 b	1,74 a	1.63
Levadura Nativa 3	0,94	1,60 b	1,89 ab	1.66
Significancia	ns	***	**	ns
Error est. Media ¹	0,06	0,07	0,23	0,08
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0,254	0,812	0,006	0,018
Comerciales vs Nativas	0,892	0,008	0,127	0,883
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	0,04	0,01	0,40	0,11
Comerciales vs Nativas	0,00	-0,09	0,17	-0,01

^{a, b, c, d.} Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente P < 0.05; ns= P > 0.05

Rendimiento de las fracciones de la canal

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos a los 36 días de edad, sobre el peso en pie, peso en canal, rendimiento en canal, cantidad relativa de pechuga, pierna pernil, alas-costillar y rabadilla, se observa en la **Tabla 4.6**. Diferencias significativas en el peso en pie, peso en canal, cantidad relativa de pechuga, alas-costillar y rabadilla fueron observadas para, los pollos que recibieron la dieta control comparados con los pollos que recibieron levaduras ($P < 0.05$), los cuales muestran un menor peso en pie y peso en canal, con una diferencia estimada de: 247 y 159 g/ave, respectivamente. Este comportamiento se mantuvo para la cantidad relativa de rabadilla con una diferencia estimada de 1.5% a favor de las aves que recibieron las dietas con levaduras ($P < 0.004$) (**Tabla 4.6**).

En relación a la cantidad relativa de pechuga, los promedios mas altos se presentaron en los grupos que recibieron Levapan® (34%) y el valor promedio mas bajo fue para el grupo que recibió Levadura Nativa 1 (31%). Sin embargo, en este último grupo de pollos que recibió la dieta con inclusión de Levadura Nativa 1, fue el grupo que mostró los valores más altos para la cantidad relativa de alas-costilla (28%) (**Tabla 4.6**).

Tabla 4.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el peso en pie, peso en canal, rendimiento en canal, cantidad relativa de pechuga, pierna pernil, alas-costillar y rabadilla de pollos de engorde machos

Tratamiento	Peso en pie kg	Peso canal kg	Rendimiento canal %	Pechuga %	Pierna-pernil %	Alas-costilla %	Rabadilla %
Control	1392 b	894 b	64	32 ab	30	24 b	14 a
Levapan®	1591 ab	1046 ab	66	34 a	31	23 b	12 ab
AB vista®	1591 a	987 ab	62	33 ab	30	24 b	13 a
Levadura Nativa 1	1640 a	1088 a	66	31 b	31	28 a	11 b
Levadura Nativa 2	1666 a	1064 a	64	33 ab	32	23 b	12 ab
Levadura Nativa 3	1704 a	1081 a	63	33 ab	31	23 b	13 a
Significancia	***	**	ns	**	ns	***	***
Error est. Media ¹	85,06	72,57	2,65	1,19	1,10	1,05	0,82
Contrastes	Probabilidad						
Control vs Levaduras	<.0001	0,001	0,981	0,569	0,117	0,838	0,004
Comerciales vs Nativas	0,069	0,097	0,606	0,019	0,203	0,029	0,315
Parámetro	Diferencia Estimada						
Control vs Levaduras	-246,88	-158,55	0,03	-0,38	-1,00	-0,12	1,50
Comerciales vs Nativas	-78,79	-60,96	-0,67	1,48	-0,70	-1,20	0,41

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Perdida de agua por goteo y por cocción y Terneza

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos a los 36 días de edad, sobre la fuerza de corte de la pechuga y la pierna, la pérdida de agua por goteo y la pérdida de agua por cocción de pechuga y pierna, se muestra en la **Tabla 4.7**. Diferencias significativas ($P < 0.05$), fueron observadas, en la Fuerza de corte de la pechuga o terneza de la carne, para los pollos que recibieron Levadura Nativa 3, los cuales presentaron una carne más dura (3,72 Kg F) comparada con los pollos con Levadura Nativa 2 (2,29 Kg F). No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las demás variables evaluadas. Sin embargo, en los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®), comparados con los pollos que recibieron las levaduras

nativas (1, 2 y 3) presentaron que la fracción de la pierna perdió mas agua por cocción en términos de porcentaje (diferencia estimada de 8,79 %) (P < 0.043) (**Tabla 4.7.**). En resumen la mejor fuerza de corte fue observada para la levadura nativa 2, comparada con el control que presento un valor intermedio (P < 0.05).

Tabla 4.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la fuerza de corte de pechuga y pierna, perdida de agua por goteo, perdida de agua por cocción de pechuga y pierna de pollos de engorde machos

Tratamiento	Fuerza corte pechuga Max (Kg F)	Fuerza corte pernil Max (Kg F)	Perdida de agua por goteo (%)	Perdida de agua por cocción pechuga (%)	Perdida de agua por cocción pierna (%)
Control	3,07 ab	1,77	10.85	23.22	32.54
Levapan®	3,17 ab	1,63	12.97	21.59	34.08
AB vista®	3,09 ab	1,86	14.64	18.59	41,72
Levadura Nativa 1	2,55 bc	1,7	11.14	20.61	33.08
Levadura Nativa 2	2,29 c	1,97	16,01	24.67	30.77
Levadura Nativa 3	3,72 a	1,7	10.61	18.77	23.48
Significancia	***	ns	ns	ns	ns
Error est. Media [†]	1,15	0,57	2,79	4,68	7,38
Contrastes			Probabilidad		
Control vs Levaduras Comerciales vs Nativas	0,629	0,998	0,233	0,419	0,986
	0,110	0,814	0,425	0,663	0,043
Parámetro			Diferencia Estimada		
Control vs Levaduras Comerciales vs Nativas	0,11				8,79

a. b. c. d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente P < 0.05; ns= P > 0.05

Parámetros hematológicos

El efecto promedio de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre parámetros hematológicos a los 36 días de edad, se presenta en la **Tabla 4.8.** No se presentaron diferencias significativas en las variables evaluadas: Hematocrito, proteína plasmática total, recuento de glóbulos rojos y glóbulos blancos (P > 0.05).

Tabla 4.8. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los parámetros Hematológicos de pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

Tratamiento	Hematocrito	Proteína plasmática total	Recuento de glóbulos rojos	Recuento de glóbulos blancos
	%	(g/dL)	(cel/ul)	(cel/ul)
Control	41	3,60	2761667	6280
Levapan®	40	3,90	3110000	8618
AB vista®	41	3,65	2686250	9362
Levadura Nativa 1	39	3,70	2825000	6960
Levadura Nativa 2	41	3,90	2921250	7679
Levadura Nativa 3	41	3,93	2890000	9199
Significancia	ns	ns	ns	ns
Error est. Media ¹	3,85	0,50	350357,5	4029,93
Contrastes		Probabilidad		
Control vs Levaduras	0.5883	0.5109	0.5866	0.2306
Comerciales vs Nativas	0.9333	0.8071	0.9223	0.5359

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos a los 36 días de edad, sobre el recuento de heterófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y la relación heterófilos/ linfocitos se muestra en la **Tabla 4.9**. Se presentaron diferencias significativas en el recuento de heterófilos, cantidad relativa de linfocitos y en la relación heterófilos:linfocitos ($P < 0.05$). Las levaduras nativas 2 y 3 son diferentes del control en el número de células por μl ($P < 0.05$), mientras que las levaduras comerciales y la levadura nativa 1 no son diferentes del control ($P > 0.05$). Los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®), comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3), presentaron mayor número de heterófilos/ul, con una diferencia estimada de 9.6 (cel/ul) ($P < 0.0316$) (**Tabla 4.9**).

En relación a la cantidad relativa de linfocitos, los valores promedio mas altos se presentaron en los grupos que recibieron Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3 (67 y 70% respectivamente) y el promedio mas bajo fue para el grupo que recibió Levadura Nativa 1 (42%). Sin embargo, este efecto es contrario para la relación heterófilos:linfocitos, cuyos valores promedio mas bajos se presentaron en los grupos que recibieron Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3 (0.47 y 0.41 respectivamente), valor promedio mas alto fue para el grupo de Levadura Nativa 1 (1.07) ($P < 0.05$) (**Tabla 4.9.**).

Tabla 4.9. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre Parámetros Hematológicos y la relación heterofilos/ linfocitos en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

Tratamiento	Heterofilos	Linfocitos	RELACION H/L	Monocitos	Eosinofilos	Basofilos
	(cel/ul)	%		%	%	%
Control	40.43	57.60 ab	0.73 ab	0	1	0
Levapan®	40.75	57.46 ab	0.72 ab	1	0	1
AB vista®	43.25	54.10 ab	0.84 ab	1	0	3
Levadura Nativa 1	42.74	41.93 b	1.07 a	0	1	2
Levadura Nativa 2	28.18	67.24 a	0.47 b	1	0	7
Levadura Nativa 3	26.30	69.95 a	0.41 b	1	1	1
Significancia	**	***	***	ns	ns	ns
Error est. Media ¹	11.76	11.09	0.32	1,49	1,03	3,01
Contrastes	Probabilidad					
Control vs Levaduras	0.4282	0.9139	0.8841	0.4275	0.2343	0.2205
Comerciales vs Nativas	0.0316	0.3365	0.2972	0.8685	0.0583	0.4089
Parámetro	Diferencia Estimada					
Control vs Levaduras	4.1873				0,56	
Comerciales vs Nativas	9.5891				-0,74	

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Hipertrofia ventricular severa

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos a los 36 días de edad, sobre la relación ventrículo derecho/ventrículo total, se muestra en la **Tabla 4.10**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre promedios de los pollos que recibieron la dieta Control y los pollos que

recibieron Levaduras, con una diferencia estimada de 0.06, a favor del tratamiento Control. Los valores promedio mas altos fueron observados en los grupos que recibieron Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3 (0.37 y 0.38 respectivamente) ($P < 0.05$) (**Tabla 4.10.**). La relación VD/VT fue mayor para las levaduras comparadas con el control ($P < 0.0377$) y las levaduras nativas presentaron una relación mayor en comparación con las levaduras comerciales ($P < 0.0517$).

Tabla 4.10. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la relación peso del ventrículo derecho/peso del ventrículo total en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

Tratamiento	Relación VD/VT
Control	0,28 b
Levapan®	0,27 b
AB vista®	0,36 ab
Levadura Nativa 1	0,37 a
Levadura Nativa 2	0,31 ab
Levadura Nativa 3	0,38 a
Significancia	***
Error est. Media ¹	0,08
Contrastes	Probabilidad
Control vs Levaduras	0.0377
Comerciales vs Nativas	0.0517
Parámetro	Diferencia Estimada
Control vs Levaduras	-0,06
Comerciales vs Nativas	-0,04

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Tabla 4.11. Frecuencias relativas de la hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

TRATAMIENTO	HIPERTROFIA VENTRICULAR		
	NORMAL	MODERADA	SEVERA
Control	0,50	0,00	0,50
Levapan®	0,56	0,11	0,33
AB vista®	0,07	0,13	0,80
Levadura Nativa 1	0,13	0,07	0,80
Levadura Nativa 2	0,21	0,07	0,71
Levadura Nativa 3	0,42	0,13	0,46

Los pollos que recibieron levadura comercial AB vista®, Levadura Nativa 1 y 2 desarrollaron hipertrofia ventricular severa en un porcentaje mas alto: 80%, 80% y 71% respectivamente, comparado con los pollos que recibieron levadura comercial Levapan® y Levadura Nativa 3: 33% y 46% respectivamente (P < 0.05). Además, el 50% los pollos que recibieron la dieta control desarrollaron hipertrofia ventricular severa. **(Tabla 4.11).**

Tabla 4.12. Frecuencias relativas de riesgo directo de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	RIESGO DIRECTO		
		HIPERTROFIA VENTRICULAR		
		NORMAL	MODERADA	SEVERA
Control	Levapan®	-0,06	-0,11	0,17
	AB vista®	0,43	-0,13	-0,30
	Levadura Nativa 1	0,37	-0,07	-0,30
	Levadura Nativa 2	0,29	-0,07	-0,21
	Levadura Nativa 3	0,08	-0,13	0,04
Levapan®	AB vista®	0,49	-0,02	-0,47
	Levadura Nativa 1	0,42	0,04	-0,47
	Levadura Nativa 2	0,34	0,04	-0,38
	Levadura Nativa 3	0,14	-0,01	-0,13
AB vista®	Levadura Nativa 1	-0,07	0,07	0,00
	Levadura Nativa 2	-0,15	0,06	0,09
	Levadura Nativa 3	-0,35	0,01	0,34
Levadura Nativa 1	Levadura Nativa 2	-0,08	0,00	0,09
	Levadura Nativa 3	-0,28	-0,06	0,34
Levadura Nativa 2	Levadura Nativa 3	-0,20	-0,05	0,26

Los pollos que recibieron Levapan® tuvieron 49% más riesgo de desarrollar hipertrofia ventricular normal, comparado con los pollos que recibieron AB vista®. Mientras que, los pollos que recibieron Levadura Nativa 1 tuvieron 28% menos riesgo de desarrollar hipertrofia ventricular normal, comparado con los pollos que recibieron Levadura Nativa 3.

Los pollos que recibieron levadura comercial AB vista® o la Levadura Nativa 1 tuvieron 34% más riesgo de desarrollar hipertrofia ventricular severa que los pollos que recibieron Levadura Nativa 3

Los pollos con levadura comercial Levapan® tuvieron 47% menos riesgo de desarrollar hipertrofia ventricular severa comparado con los pollos que recibieron levadura comercial AB vista® o Levadura Nativa 1

Tabla 4.13. Frecuencias relativas de riesgo relativo de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	RIESGO RELATIVO		
		HIPERTROFIA VENTRICULAR		
		NORMAL	MODERADA	SEVERA
Control	Levapan®	0,90	0,00	1,50
	AB vista®	7,50	0,00	0,63
	Levadura Nativa 1	3,75	0,00	0,63
	Levadura Nativa 2	2,33	0,00	0,70
	Levadura Nativa 3	1,20	0,00	1,09
	AB vista®	8,33	0,83	0,42
Levapan®	Levadura Nativa 1	4,17	1,67	0,42
	Levadura Nativa 2	2,59	1,56	0,47
	Levadura Nativa 3	1,33	0,89	0,73
	Levadura Nativa 1	0,50	2,00	1,00
AB vista®	Levadura Nativa 2	0,31	1,87	1,12
	Levadura Nativa 3	0,16	1,07	1,75
Levadura Nativa 1	Levadura Nativa 2	0,62	0,93	1,12
	Levadura Nativa 3	0,32	0,53	1,75
Levadura Nativa 2	Levadura Nativa 3	0,51	0,57	1,56

En las frecuencias relativas, valores mayores a 1 indican un mayor riesgo de desarrollar hipertrofia ventricular. Los pollos de levadura comercial Levapan® tuvieron 1,75 más riesgo relativo de desarrollar hipertrofia ventricular severa, comparado con a los pollos con levadura comercial AB vista® o Levadura Nativa 1 (0.42).

Tabla 4.14. Frecuencias relativas Odds Ratio de desarrollar hipertrofia ventricular en pollos de engorde machos a los 36 días de edad.

TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	ODDS RATIO		
		HIPERTROFIA VENTRICULAR		
		NORMAL	MODERADA	SEVERA
Control	Levapan®	0,80	0,00	2,00
	AB vista®	14,00	0,00	0,25
	Levadura Nativa 1	6,50	0,00	0,25
	Levadura Nativa 2	3,67	0,00	0,40
	Levadura Nativa 3	1,40	0,00	1,18
Levapan®	AB vista®	17,50	0,81	0,13
	Levadura Nativa 1	8,13	1,75	0,13
	Levadura Nativa 2	4,58	1,63	0,20
	Levadura Nativa 3	1,75	0,88	0,59
AB vista®	Levadura Nativa 1	0,46	2,15	1,00
	Levadura Nativa 2	0,26	2,00	1,60
	Levadura Nativa 3	0,10	1,08	4,73
Levadura Nativa 1	Levadura Nativa 2	0,56	0,93	1,60
	Levadura Nativa 3	0,22	0,50	4,73
Levadura Nativa 2	Levadura Nativa 3	0,38	0,54	2,95

La ratio odds para la hipertrofia ventricular severa más alta, la presentaron los pollos con Levadura Nativa 3 (4,73).

Análisis económico de presupuestos parciales

El análisis económico comparativo para valorar la inclusión de levaduras en un sistema de alimentación de pollos de engorde de 36 días, tuvo en consideración la infraestructura de costos e ingresos estipulados a nivel comercial, en el área de influencia del proyecto. La inferencia económica en este escenario comercial muestra que el costo de pollo en pie, el ingreso neto parcial por pollo en pie (INPP), el ingreso parcial por pollo en canal (IPC) y el ingreso parcial por pollo fraccionado (IPPF) presentaron diferencias significativas, por efecto de la inclusión de levaduras ($P < 0.01$) **Tabla 4.15.** El costo del kilogramo de pollo en pie del grupo control fue \$1550 mayor que el costo del kilogramo de pollo en pie de pollos con levaduras ($P < 0.01$). El análisis de los ingresos (INPP), (IPC) y

(IPPF), fueron menores en los pollos control comparado con los pollos con inclusión de levaduras ($P < 0.01$), con diferencias estimadas de \$562 para el (INPP), \$727 para el (IPC) y de \$602 para el (IPPF) a favor de la inclusión de levaduras. Los mejores balances económicos fueron estimados para la levadura nativa 1.

Tabla 4.15. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los costos e ingresos parciales en pollos de engorde machos a los 36 días de edad

Tratamiento	Costo kg pollo en pie \$	INPP \$	IPC \$	IPPF \$
Control	10186 a	2096 b	3967 b	3046 b
Levapan®	8804 b	2558 ab	4673 a	3695 a
AB vista®	8718 b	2647 a	4411 ab	3381 ab
Levadura Nativa 1	8599 b	2680 a	4839 a	3729 a
Levadura Nativa 2	8610 b	2659 a	4733 a	3712 a
Levadura Nativa 3	8446 b	2742 a	4814 a	3721 a
Significancia	***	***	***	***
Error est. Media ¹	478,73	210,79	310,73	254,75
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0,0001	0,0001	0,0005	0,0004
Comerciales vs Nativas	0,352	0,355	0,091	0,133
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	1550,05	-561,72	-726,82	-601,66
Comerciales vs Nativas	208,68	-91,17	-253,30	-182,62

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

4.5. Discusión

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es usada en dietas para pollos de engorde como un aditivo natural para proveer una proteína de alto valor biológico, sin un componente tóxico, alergénico o carcinogénico (Stone, 1998). Estas características también mejoran la digestibilidad y absorción de nutrientes y ayudan al control de patógenos entéricos. En conjunto, estas características naturales producen un mejor comportamiento productivo de los pollos de engorde (Cruickshank, 2002).

Gran parte de la investigación realizada durante los últimos 15 años ha sido diseñada para evaluar la levadura de cervecería en diferentes niveles de inclusión y edad de las aves. Estos desarrollos se circunscriben a una mejor conversión alimenticia y peso corporal final de los pollos de engorde al mercado, cuando 0.3-0.5% de la levadura es añadida a dietas de iniciación y finalización (Miazzo, *et al.*, 1994, 1995). Otras investigaciones posteriores confirman el mejoramiento productivo del pollo de engorde, cuando la levadura de cervecería se incluye a los niveles de 0.6-0.9% de la dieta (Miazzo, *et al.*, 1997, 1998).

En este estudio, en los grupos de pollos que recibieron levaduras, durante la fase de crecimiento y el ciclo completo (0-35 días), se observaron mejores ganancias de peso (con diferencias estimadas de 107 y 137 g, respectivamente), unas mejores eficiencias y conversiones alimenticias (con diferencias estimadas de 4% y 0.11, respectivamente), con respecto al grupo control. Además, en peso corporal en canal y de la rabadilla, fueron superiores (con diferencias estimadas de, 158 g y 1.5%, respectivamente). Estos valores fueron soportados por una relación ventrículo derecho/ventrículo total (VD/VT) mayor, (con una diferencia estimada de 0.06), posiblemente por la alta exigencia de oxígeno para que los pollos alcanzaran su máximo potencial de crecimiento en condiciones de altitud.

En general los pollos que recibieron levaduras nativas, comparadas con los pollos que recibieron levaduras comerciales, durante la fase experimental, presentaron una mayor ganancia de peso corporal y peso corporal en canal y un mayor valor para la relación VD/VT, indicando este aspecto, una reacción a las condiciones ambientales, asociadas a hipoxia, similar a lo encontrado por Moreno y Hernández, (1985), en las mismas condiciones experimentales. La levadura nativa 1, mostró los valores mas altos en la relación de Heterófilos/Linfocitos (H/L), lo cual esta asociado a cuadros de estrés agudos.

Para Davis et al., (2000) los incrementos en la relación H/L se asocian a cuadros de estrés agudos, con estresores que operan de manera intensa y durante breves lapsos de tiempo. Los valores promedios de la relación H/L en este estudio variaron entre 0.41 y 1.07, sugiriendo que los pollos se encontraban sometidos a importantes desafíos ambientales en las condiciones experimentales.

Al respecto, Revidatti, et al., (2002), señalan que los valores ideales de la relación heterófilos/linfocitos deberían ser inferiores a 0,45 y que estos se incrementan durante la fase aguda del estrés debido a las acciones de la adrenalina y noradrenalina. Esta relación presenta oscilaciones muy grandes y se puede elevar a más de 0,62 en situaciones de orden social o durante el transporte en camión por más de tres horas.

La terneza es la suma de la fuerza mecánica del tejido muscular esquelético después del rigor mortis y el debilitamiento de la estructura durante el almacenamiento posmortem (Takabashi, 1996). Esta es la característica de textura más importante de la carne y tiene una gran influencia sobre la preferencia del consumidor. La terneza de la carne puede ser estimada midiendo la fuerza de corte, la fuerza de corte más baja indica que la carne tiene más terneza. En este estudio se encontraron diferencias significativas en los valores relacionados con la terneza de la pechuga cocinada, para los pollos que recibieron la levadura nativa 2 comparados con los pollos que recibieron la levadura nativa 3, con valores promedio de 2.29 y 3.72 Kg fuerza, respectivamente. Al respecto, Zhang y colaboradores (2005) evaluaron la calidad de la carne respecto a su terneza, encontrando que la fuerza de corte del perril crudo disminuyó con la inclusión de levadura completa comparado con el control, la inclusión de extracto de levadura y de pared celular (MOS) tuvieron un efecto intermedio. La fuerza de corte en pechugas y perriles cocinados disminuyó en los tratamientos de levadura completa y pared celular comparadas con el control. En consecuencia a los parámetros de crecimiento y

comportamiento productivo de los pollos de engorde, se ha demostrado que el enriquecimiento las dietas con levaduras podría favorecer el mejoramiento de la calidad de la carne de pollo, mejorando por ejemplo la terneza (Bonomi et al., 1999) e incrementando su capacidad de retención de agua (Lee et al., 2002).

Los efectos de la inclusión de levaduras respecto al rendimiento de la canal y de sus fracciones, en pollos de engorde han sido poco documentados. Karaoglu, y Durdag, (2005) no encontraron efectos de la suplementación de la levadura (*Sacharomyces cerevisiae*) en dietas para pollos de engorde sobre la calidad de la canal. Sin embargo, se ha observado que el porcentaje de pernil aumentó con la suplementación de levaduras (0.3%) (Miazzo *et al.*, 2005; Songsak, et al., 2008). En contraste, Loddi *et al.* (2000) no observaron diferencias en la producción de pernil por la inclusión de levaduras comparado con el control. En el presente estudio se encontró un incremento en el rendimiento en canal por la inclusión de levaduras comparadas con el control, (con diferencia estimada de 158 g) Estas respuestas corresponden a pollos machos a los 36 días de edad.

En general, varias investigaciones revelan los efectos benéficos de la inclusión de levaduras en alimentos para pollos de engorde sobre el desempeño productivo, donde se mejora la ganancia de peso corporal y la conversión alimenticia, (Onifade, et al., 1996, Miazzo, et al., 2005, Zhang, et al., 2005, Owens, et al., 2007 y Gao, et al., 2008), hallazgos que se corroboran en el presente estudio. Se argumenta además, que la inclusión de levaduras, influye en el crecimiento de pollos de engorde debido la modulación de la salud intestinal. Sin embargo, estos efectos beneficiosos de las levaduras no son consistentes con otras investigaciones. Gao, et al., 2008, sugieren que las diferencias en estas respuestas, pueden estar relacionadas con las características particulares de los productos utilizados de las levaduras ya que la presentación de estas tiene varias posibilidades: levaduras secas, levaduras vivas, fermentados de levaduras, dificultado las comparaciones entre los estudios.

Desde el punto de vista económico, los ingresos parciales, fueron mayores con pollos que recibieron levaduras. Los anteriores resultados reflejan la importancia de la investigación en esta área, y sugiere la posibilidad de futuros estudios a una escala mayor de las levaduras evaluadas, para ser utilizadas en la producción de carne libre de residuos de antibióticos.

4.6. Conclusión

En conclusión este capítulo muestra efectos cualitativos y cuantitativos por la suplementación de levaduras y proporciona señales de su papel como aditivo funcional. Esta es una primera aproximación que debe ser evaluada posteriormente en un ciclo completo de producción, con sus valores agregados en el mercado de carne de pollo.

La ganancia de peso corporal de los pollos de engorde se mejoró con la inclusión de 0.5% de levaduras en un sistema de alimentación por fases. A nivel general, la inclusión de levaduras nativas en las dietas de pollos de engorde tiene efectos beneficiosos en los parámetros zootécnicos, a pesar de las condiciones ambientales que incidieron negativamente en la respuesta al síndrome ascítico en los pollos suplementados.

4.7. Bibliografía

Bonomi, A., and G. Vassia. 1978. Observations and remarks on the use of *Saccharomyces cerevisiae* and *Kluyveromyces fragilis*, in the form of living yeast, on the production and quantitative characteristics of broilers. Arch. Vet. Ital. 29(Suppl.):3-15.

Bradley, G.L., T.F. Savage and K.I. Timm, 1994. The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on male poult performance and ileal morphol. *Poult. Sci.*, 73: 1766-1770.

Brunsgaard, G. 1998. Weaning and the weaning diet influence the villous height and crypt depth in the small intestine of pigs and alter the concentrations of short chain fatty acids in the large intestine and blood. *J. Nutr.* 128:947-953.

Churchil, R., Mohan, B. y Viswanathan, K. 2000. Effect of supplementation broilers rations with live yeast culture *Cheiron* 29 (1-2): 23-27.

Cruickshank, G. 2002. Gut microflora the key healthy broiler growing. *Poultry World* 156 (156);14.

Davis, G.S.; Anderson, K.E. and Carroll, A.S. 2000. The effects of long-term caging and molt of Single Comb White Leghorn hens on heterophil to lymphocyte ratios, corticosterone and thyroid hormones. *Poult Sci.* 79 (4):514-8.

Ergül, M. 1994. Replacement of soybean by brewers' and molasses yeast in broiler diets in sunflower oil meal with and without fish meal. *Landbau for schung volkenrode* 44(3):267-273. turkey. in: *poultry abstracts*. vol 21. n. 4.

Gagic, A., Kavasovic, A., Alibegovic, F. y Residbegovic, E. 2003. Application of probiotics in poultry. *Veterinaria-Sarajevo* 52 (1/4): 205-212.

Gao, J., H. J. Zhang, S. H. Yu, S. G. Wu, I. Yoon, J. Quigley, Y. P. Gao, and G. H. Qi. 2008 Effects of Yeast Culture in Broiler Diets on Performance and Immunomodulatory Functions. *Poultry Science* 87:1377-1384

Grangeiro, M. G., M. Freire, e. Rodríguez, G. Barreto, y F. Militão. 2001. Inclusão da levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas para frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 30(3):766-773.

Ignacio, E. D. 1995. Evaluation of the effect of yeast culture on the growth performance of broiler chick. *Poult. Sci.* 74(Suppl. 1):196. (Abstr.)

Jin, L.Z., Y.H. Ho, N. Abdulahim and S. Jaludin, 1998. Growth performance, intestinal microbial populations and serum cholesterol of broilers fed diet containing *Lactobacillus* cultures. *Poult. Sci.*, 77: 1259-1265.

Karaoglu, M. and H. Durdag, 2005. The influence of dietary probiotic *Saccharomyces cerevisiae* supplementation and different slaughter age on the performance, slaughter and carcass properties of broilers. *Int. Poult. Sci.*, 5: 309-316.

Kumprechtová, D., P. Zobac, and I. Kumprecht. 2000. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* sc47 on chicken broiler performance and nitrogen output. Czech J. Anim. Sci., 45: 169-177

Lee, J.-I., Y.-D. Kim, D.-Y. Kim, Y.-I. Choi, J.-N. Ahn, H.-S. Chae, and J.-H. Choi. 2002. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance and meat quality of broiler chickens. Proc. Korean J. Anim. Sci. Technol. 34.

Loddi, M.M., E. Gonzales, T.S. Takita, A.A.M. Mendes and R.O. Roca, 2000. Uso de probiotico e antibiotico sobre on rendimento e qualidade de carcaca de frangos decarte. Revista Brasileira de Zootecnia, 29: 30-36.

Madriqal, S. A., S. E. Watkins, M. H. Adams, A. L. Waldroup, and P. W. Waldroup. 1993. Effect of an active yeast culture on performance of broilers. Poult. Sci. 72(Suppl. 1):87. (Abstr.)

Miazzo, R. D., S. Kraft, E. Moschetti y M. Picco. 1994 Levadura de Cerveza (*S. Cerevisiae*) como aditivo en una ración de parrilleros iniciador. Rev. Arg. Prod. Animal, 14 (Supl. 1): 1.

Miazzo, R. D., Kraft, S. y Moschetti, E. 1995. Dos niveles de Levadura de Cerveza (*S. cerevisiae*) como promotor natural de crecimiento en parrilleros. Rev. Arg. Prod. Anim. 15 (2): 662-663.

Miazzo, R. D., Kraft, S. y Picco, M. 1997. Crecimiento mejorado de parrilleros al adicionar Levadura de Cerveza (*S. cerevisiae*) a sus dietas. Rev. Arg. Prod. Animal, 17 (Supl. 1): 71.

Miazzo, R. D. and Kraft, S. 1998. Yeast a growth promoter for broilers. Abst. 10th. European Poultry Conference. Jerusalem, Israel. p. 94.

Miazzo, R. D., Peralta, M. F. y Reta, S. 2001. Yeast (*S. cerevisiae*) as natural additive for broiler chicken diets. Proc. XV European Symposium on the quality of poultry meat. Turkey. WPSA- Turkey Branch: 175-177.

Miazzo, R. D., Peralta, M. F. y Picco, M. 2005. Performance productiva y Calidad de la Canal en Broilers que recibieron Levadura de cerveza (*S. cerevisiae*). Revista Electrónica de Veterinaria. Vol. VI, No 12, Diciembre. Argentina.

Moreno M. J. y Hernández. A. 1985. Variación cardiopulmonar y en los valores de hemoglobina y hematocrito durante la hipoxia en pollos comerciales y criollos. Rev. Fac. Med. Vet. y de Zoot. Vol. 38, No. 1

Morón, F. O, Zamorano G. L, 2003. Pérdida por goteo en diferentes carnes crudas. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2003. 11(2): 125-127

Murakami, A., V. M. Barbosa, J. Ariki, O.M. Junqueira, y S. Kronka. 1993. Levedura de vinhaca (*Sacharomyces cerevisiae*) como fonte proteica na alimentação de frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 22(5):876-883.

National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9 th, Rev. edition Nat. Acad. Press, Washington, DC.

Onifade, A. A., G. M. Babatunde, S. A. Afonja, S. G. Ademola, and E. A. Adesina. 1998. The effect of a yeast culture addition to a low-protein diet on the performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Poult. Sci.* 77(Suppl. 1):44. (Abstr.)

Ramos, H. A. J. 2005. Efecto del Método de Congelamiento sobre las Características Fisicoquímicas y Organolépticas de la Carne de Pechuga de Pollo. Tesis de grado Maestría en Ciencias Industria Pecuaria Universidad De Puerto Rico.

Revidatti, F.A.; Fernandez, R.J.; Terraes, J.C.; Sandoval, G.L.; Esquivel de Luchi, P. 2001-2002. Modificaciones del peso corporal e indicadores de estrés en pollos parrilleros sometidos a inmovilización y volteo. *Rev. Vet.* 12/13: 1 y 2.

Santin, E., A. Maiorka, M. Macari, M. Grecco, J. C. Sanchez, T. M. Okada, and A. M. Myasaka. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cell wall J. *Appl. Poult. Res.* 10:236-244.

SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT. Version 8. Cary. NC. Users guide statical análisis system. Institute, Inc. Cory, W.C.

Simon, O. 1989. Metabolism of proteins and amino acids. Pages 271-336 in *Protein Metabolism and Farm Animals. Evaluation, Digestion, Absorption and Metabolism.* H. D. Bock, B.

Spring, P., C. Wenk, K. A. Dawson, and K. E. Newman. 2000. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentration of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79:205-211.

Stone, C. 1998. Yeast products in the feed industry. Ed. By Mills, d. Inc. Cedar Rapids, Iowa., p. 10-11.

Takahashi, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: The non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.* 43:567-580.

Upedra, H y Yathiraj, S. 2003. Effects of supplementing probiotics and mannan oligosaccharide on body weight feed conversion ratio and livability in broiler chicks. Indian vet Journal, 80 (10): 1075-1077.

Valdivie, M. 1975. Saccharomyces yeast as a by-product from alcohol production on final molasses in diets for broilers. Cuban J. Agric. Sci. 9:327-331.

Yasar, S., and J. M. Forbes. 1999. Performance and gastro-intestinal response of broiler chickens fed on cereal grain-based foods soaked in water. Br. Poult. Sci. 40:65-76.

Yason, C. V., B. A. Summers, and K. A. Schat. 1987. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: Pathology. Am. J. Vet. Res. 6:927-938.

Zhang, A.W., B.D. Lee, S.K. Lee, K.W. Lee, G.H. An, K.B. Song and C.H. Lee, 2005. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance meat quality and ileal mucosa development of broiler chicks. Poult. Sci., 84: 1015- 1021.

Capítulo 5.

Evaluación de la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable de dietas con inclusión levaduras para pollos de engorde.

5.1. Resumen

Dentro de las estrategias diseñadas para mejorar las condiciones estructurales del TGI, se encuentra el empleo de nuevos aditivos nutricionales y funcionales. Dentro de estas posibilidades, se encuentra el empleo de levaduras en la alimentación comercial de aves. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial funcional y nutricional de 3 diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales Colombianos, en sistemas de alimentación de pollos de engorde machos y mediante los efectos sobre la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable. Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (3 diferentes cepas de levaduras nativas, dos controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y control sin levadura). Se realizaron comparaciones de los valores promedio de cada una de las variables respuesta utilizando la prueba de Tukey con nivel de significancia ($P < 0.05$) mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). La levadura nativa 1 fue relevante en los coeficientes de CDMS, CDP y en los valores energéticos (EMA y EMAn). Se encontraron diferencias estimadas significativas a favor de las aves del grupo control para la EMA 165 Kcal, EMAn 149 Kcal, EMA ileal 6.5 Kcal, EMAn ileal 8.3 Kcal y EMA corregida por peso metabólico 51 Kcal y 50 Kcal comparado con las aves suplementadas con levaduras, además, las diferencias estimadas significativas a favor de las aves del grupo control para metabolizabilidad de la dieta 2% y ER como proteína 7 Kcal. En este estudio, los balances de los diferentes nutrientes favorecieron a la levadura nativa 1, la cual fue superior a los controles y a las demás levaduras nativas investigadas.

Palabras clave:

Aditivos, aves, nutrientes digestibles, energía metabolizable, digestibilidad, óxido de cromo.

5.2. Introducción

La industria avícola del país muestra una demanda creciente por productos de innovación, debido a las expectativas de los consumidores por productos de alta calidad. En este contexto, la competitividad en el mercado de la cadena avícola nos lleva a un aprovechamiento de la biodiversidad nacional y a la generación de procesos locales asociados con economía, seguridad y calidad en la producción de sistemas de alimentación para aves.

En la actualidad, el uso de antibióticos promotores de desempeño (APD) en la producción de pollo de engorde, está bajo examen, debido a que estos han sido implicados como la principal causa de resistencia microbial. Frente a esta problemática se están desarrollando actualmente alternativas al uso de antibióticos como: probióticos, prebióticos y oligosacaridos (mananoligosacaridos y fructooligosacaridos), entre otros.

Los oligosacaridos han sido considerados como las alternativas más promisorias al uso de los APPs, pues facilitan y apoyan la relación simbiótica entre el huésped y su microflora. Manano-oligosacaridos, son derivados de la superficie celular de las levaduras, específicamente de su pared celular. Estos compuestos tienen una alta afinidad ligante, ofreciendo un sitio competitivo obligatorio para un determinado tipo de bacterias, además, en las condiciones de pH del intestino, son capaces de adherirse selectivamente e inactivar micotoxinas en el lumen intestinal.

Importantes investigaciones sobre el uso de levaduras y su incidencia en la salud y productividad animal han sido desarrolladas en los últimos años. (Cuaron, 2000; Lesson y Summers, 2001; Newbold, 2003; Van Vuuren, 2003). El

valor nutricional de las levaduras, varía dependiendo del sustrato utilizado para su crecimiento y del proceso industrial al cual son sometidas Alvarez y Valdivie, (1980). Perdomo, et al., (2004) reportan valores nutritivos para *Saccharomyces cerevisiae* (SC), para proteína cruda (N x 6.25) de 52.3 %, con contenidos de: NNP, de 1.0%, de metionina de 1.0%, de cisteína de 0.6%, de lisina de 4.3%. Las digestibilidades verdaderas de materia seca, nitrógeno corregido y energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno: DVMS (%), 45.7; DVNu (%), 44.8 y EMVn (kcal/kg), 2 425.

Investigaciones sobre la digestión de nutrientes se han relacionado con enzimas activas aminolíticas y proteolíticas contenidas y liberadas por las levaduras en el ambiente gastrointestinal del animal, aumentando de esta manera, la digestibilidad de la materia orgánica, (KyungWoo Lee, et al., 2006). Por otra parte, Santomá, (2001) encontró que inclusión de levaduras en dietas para aves mejoran la absorción de Ca, Mg, P y Fe por parte de las aves. Ferket y colaboradores (2002) encontraron también, un mejor uso de la energía de la dieta (EMAn) utilizando mananoligosacáridos derivados de la levadura, comparado con un control sin aditivos y una dieta con antibiótico (Vambermicina).

Hughes (2003), explica la magnitud de la variación de la energía metabolizable aparente (EMA) en aves por la adición de mananoligosacáridos (MOS) a la dieta y su relación con la estructura del intestino. En este estudio, concluye que menos de 20% de la variación en la EMA esta asociada con características macroestructurales del intestino como: los pesos de duodeno, yeyuno o íleon en relación al peso metabólico corporal, o a la microestructura morfológica: altura de las vellosidades y profundidad de la cripta en el intestino delgado.

El análisis de la biodiversidad muestra que las frutas son microhabitat importantes para una gran variedad de levaduras, debido a su alta concentración de azúcares simples, bajo pH e intensa visita de insectos vectores (Trindade, et.

al., 2002). En estos substratos, la sucesión de levaduras micocinogénicas, proteolíticas y pectinolíticas participa de una variedad de procesos bioquímicos y ecológicos, con un papel importante en las características de la fruta, principalmente con su maduración. (Starmer et al., 1987, Morais et al., 1995, Abranches et al., 1997).

En la primera fase de esta investigación, el grupo de investigación llevó a cabo la caracterización e identificación de 100 cepas de levaduras procedentes de frutales de ecosistemas Colombianos (Centro de Biotecnología y Bioindustria CBB, Banco de Germoplasma, CORPOICA, 2007), que dio como resultado la selección de 6 cepas, consideradas relevantes por su producción de biomasa y contenido de nutrientes como: proteína cruda, pared celular, selenio y vitamina B12. De estas levaduras, 3 cepas fueron seleccionadas aleatoriamente para ser evaluadas en pollos de engorde. De tal forma, que los planteamientos de este estudio estuvieron dirigidos a evaluar el potencial nutricional de 3 de estas cepas.

Las tres levaduras objeto de este estudio fueron: la accesión No. 008 *Cryptococcus humicola*, aislada de Manzanas (*Pyrus malus*) cultivadas en Nuevo Colón, Boyacá, Colombia. La No. 077 correspondiente como *Cryptococcus laurentii*, aislada de Granadillas (*Pasiflora ligularis*) cultivadas en Río Negro, Antioquia, Colombia. Y la No. 196, *Cryptococcus humicola*. La identificación de estas levaduras fue realizada por el Laboratorio de Control Biológico y el Centro de Biotecnología y Bioindustrias de CORPOICA (Cotes, 2006, comunicación personal). En este capítulo se encuentra la evaluación de estas cepas en pollos de engorde 0.5% de la dieta y su influencia sobre la digestibilidad de nutrientes y energía metabolizable en pollos de engorde machos.

5.3. Materiales y Metodos

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones de CORPOICA Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera, Colombia, ubicado a 2650 msnm, con una temperatura media de 14.5°C, precipitación anual de 800 m.m. y humedad relativa de 70%.

Instalaciones y equipos

Para el proceso experimental se utilizó 1 galpón de 18 mts. de largo por 5 mts. de ancho. Las aves se alojaron aleatoriamente en 3 baterías verticales de cria provistas de los elementos necesarios para efectuar todas las mediciones requeridas: comederos de canal para el suministro de las dietas experimentales, bebederos automáticos de niple con copa, fuente eléctrica de calor, rejilla, y bandeja de recolección de heces. La densidad máxima manejada fue de 10 aves/corral. La temperatura se mantuvo a partir de la segunda semana, entre 23-28°C.

Programa sanitario

Todos los pollos de engorde fueron sometidos durante el periodo experimental al mismo programa sanitario, prácticas de manejo y calendario de vacunación de acuerdo a las normas establecidas por CORPOICA en el Centro de Investigaciones de Tibaitatá.

Material experimental

Se utilizaron 240 pollos machos de la estirpe HYBRO recién nacidos, provenientes de una incubadora comercial. Los pollos fueron preseleccionados buscando una homogeneidad en el peso corporal (se eliminaron pesos atípicos de más de una desviación estándar de la mediana), tamaño, características fenotípicas y sanidad, de tal manera que las diferencias de estas variables fueran mínimas para disminuir al máximo el error experimental.

Dietas experimentales

Se evaluaron 6 dietas en harina formuladas en el ámbito comercial con y sin la adición de levaduras (nivel de inclusión 0.5% a expensas del contenido de maíz), de acuerdo a un esquema de alimentación por fases: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad) y crecimiento (25-35 días de edad). Un balance de nutrientes fue realizado durante la fase de iniciación con una dieta que contenía 21% de proteína cruda y 3050 Kcal/kg de (EM). **Tabla 5.1.**

Los grupos experimentales fueron los siguientes:

Tratamiento 1: dieta control sin inclusión de levadura

Tratamiento 2: dieta con inclusión de levadura comercial Levapan® presentación seca

Tratamiento 3: dieta con inclusión de levadura comercial AB vista®

Tratamiento 4: dieta con inclusión de levadura nativa 1

Tratamiento 5: dieta con inclusión de levadura nativa 2

Tratamiento 6: dieta con inclusión de levadura nativa 3

Tabla 5.1. Composición de la dieta durante el periodo de iniciación (8-24 días de edad)

MATERIA PRIMA	Iniciación	
	Control	Levadura (0,5%)
	Inclusión (%)	
Maíz	52,20	51,70
Harina arroz	8,00	8,00
Torta Soya 49	22,08	22,08
Soya Extruída	10,00	10,00
Harina pescado 64	1,50	1,50
Aceite de Palma	1,81	1,81
Carbonato Ca	1,19	1,19
Fosfato dicálcico	1,36	1,36
Sal	0,35	0,35
Bicarbonato de Na	0,30	0,30
DL- Metionina	0,16	0,16
L- Lisina HCl	0,20	0,20
L -Treonina	0,08	0,08
Cl. Colina 60%	0,07	0,07
Premex Min y Vit	0,70	0,70
LEVADURA ¹		0,50

¹ Las levaduras fueron incluidas en la dieta a expensas del maíz

Metodología

Durante la fase de iniciación se adicionó a las dietas 0.5% de óxido de cromo como marcador no digestible (Borges et al., 2005). Transcurridos 5 días de adaptación a la dieta, durante tres días consecutivos, se realizó la recolección de excretas, eliminando las partículas de alimento, plumas y otros desechos (Francesca, et al., 2002). Luego fue reunido un conjunto de heces por réplica de los tres días, para un total de 24 muestras. Estas muestras fueron almacenadas en bolsas de plástico herméticamente cerradas, identificadas y refrigeradas a 2°C, siguiendo las recomendaciones descritas por Acuero (Acuero, et al., 1991). Las heces, luego se secaron, se pesaron y se molieron finamente (0.5 mm), para los posteriores análisis bromatológicos.

En la metodología de óxido de cromo, los cálculos de EMAn y la Digestibilidad de Nutrientes (Dx) fueron determinados a través del factor de indigestibilidad del cromo (FI), y las fórmulas:

FI = concentración de cromo en la dieta / concentración de cromo en la excreta

EMA (kcal/kg de MS) = EB de la dieta - (EB de la excreta x FI)

EMAn (kcal/kg de MS) = EB de la dieta - [(EB de la excreta x FI) + 8,22 x BN]

BN=N de la dieta - (N de la excreta * FI)

Digestibilidad de nutrientes (Dx) =
$$\frac{(\% \text{nutriente en la dieta} - (\% \text{nutriente en la excreta} * \text{FI}))}{\% \text{nutriente en la dieta}}$$

El último día de recolección de excretas cuatro (4) aves de cada réplica se sacrificaron para extraer los contenidos de la digesta ileal, la cual fue obtenida exprimiendo suavemente el íleon y vaciándolo directamente este contenido a una bolsa con cierre hermético. El íleon se definió como el segmento del intestino delgado extendido desde el divertículo vitelino al punto de inicio de la unión íleocecal. La digesta ileal se agrupó de 4 aves/réplica, obteniendo 4 muestras por tratamiento. Las digestas fueron inmediatamente refrigeradas después de su recolección y posteriormente secadas. Las muestras de digesta

secas se molieron (0.5-mm), y almacenaron en recipientes herméticos para su posterior análisis químico (Ravindran, et al., 1999).

El contenido ileal, las excretas, fueron analizadas para determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, cenizas, energía y cromo, mediante los procedimientos descritos por (AOAC, 1984). La fracción nitrogenada se determinó por el método de Kjeldahl. Para el análisis de Energía Bruta (EB) se utilizó una bomba calorimétrica IKA® WERKE C 500. El cromo, fue analizado según la metodología descrita por Silva (1990). Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA y en el Laboratorio Nacional de Insumos Pecuarios del ICA.

El alimento fue suministrado cada día a la misma hora y junto con el agua de bebida se proporcionaron a voluntad. Al iniciar el experimento se pesaron todas las aves y luego semanalmente, igualmente se registró la cantidad de alimento consumido descontándolo de la cantidad suministrada al inicio de cada periodo, con estos datos se calculó el consumo de alimento. Diariamente se registró el número y peso corporal de las aves muertas por corral, para calcular el consumo de alimento ajustado.

Para determinar la retención de nutrientes se analizaron muestras de pollos molidos (3 pollos por replica), con todos sus componentes, comparando la composición de un lote testigo colectado al inicio del experimento con los individuos seleccionados, a los días 8, 15, 22 y 26 del periodo experimental. Se determinaron las tasas de retención de proteína y de energía de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$TRN(\%) = \frac{N_f - N_o}{N_{ing}} * 100$$

donde: N_f = contenido final del nutriente en la fracción (proteína (g), energía (kcal) expresados en base seca; N_o = contenido inicial del nutriente en la

fracción (proteína (g), energía (kcal) expresados en base seca); Ning = nutriente ingerido (proteína (g), energía (kcal) expresados en base seca).

Análisis estadístico

Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (3 diferentes cepas de levaduras nativas, dos controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y control sin levadura), 4 réplicas y 10 aves por réplica. Cada piso de la batería se dividió en dos corrales (10 aves/corral), el corral fue considerado como la unidad experimental. Las variables respuesta se analizaron bajo un diseño completamente al azar con muestreo en las unidades experimentales y con el siguiente modelo estadístico:

$Y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$, con Y_i = respuesta dependiente, μ = media, α_i = efecto del tratamiento dietético, ε_i = error para el tratamiento $i \sim N(0, \sigma_\varepsilon)$. Y las diferencias entre los promedios de los tratamientos fueron calculados por el procedimiento de mínimos cuadrados de SAS con nivel de significancia $P < 0.05$.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación no planeada para analizar las diferencias de los tratamientos en los promedios de los coeficientes de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína y de energía metabolizable de la dieta. Adicionalmente se realizó una comparación de la estimación de medias de los siguientes contrastes: control vs. Levaduras, y levaduras comerciales vs. levaduras nativas, mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). Las diferencias fueron consideradas significativas ($P < 0.05$), aunque valores de probabilidad $P < 0.10$ se consideraron como una tendencia.

5.4. Resultados

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre el balance de nutrientes durante la fase de iniciación (22 al 26 día de

edad). Con respecto a las variables, coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) y proteína (CDPC), la energía metabolizable aparente (EMA) y corregida por nitrógeno total (EMAn), se observan en la **Tabla 5.2**. Diferencias significativas, en los valores promedio de CDMS, EMA y EMAn fueron observadas durante el balance ($P < 0.05$). El grupo de la levadura nativa 1, presentó los valores promedios mas altos de CDMS EMA Y EMAn (75%; 3389 Kcal/kg y 3161 Kcal/kg, respectivamente). Las inclusión de levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) presentó valores promedios de EMA menores comparados con inclusión de levaduras nativas (1, 2 y 3), con una diferencia estimada de (87 Kcal/kg) a favor de las levaduras nativas (**Tabla 5. 2.**).

Los promedios de la EMA y EMAn en el grupo Control fueron mas altos que los promedios de las dietas con levaduras, con diferencias estimadas de (165 Kcal/kg para la EMA) y (149 Kcal/kg para la EMAn) a favor del grupo Control ($P < 0.0093$) (**Tabla 5.2.**).

Tabla 5.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS), proteína, energía metabolizable aparente (EMA) y corregida por nitrógeno total (EMAn) en pollos de engorde machos (22-26 días de edad).

Tratamiento	MS	Proteína	EMA	EMAn
	Coeficiente digestibilidad %		Kcal/kg	
Control	73 ab	70	3286 ab	3046 ab
Levapan®	73 ab	70	2999 cd	2836 bc
AB vista®	69 b	65	3138 bc	2873 bc
Levadura Nativa 1	75 a	69	3389 a	3161 a
Levadura Nativa 2	68 b	63	3152 bc	2876 bc
Levadura Nativa 3	68 b	67	2926 d	2736 c
Significancia	***	ns	***	***
Error est. Media ¹	2,26	3,56	79,39	93,64
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0.1164	0.1597	0.0014	0.0093
Comerciales vs Nativas	0.9572	0.7295	0.0274	0.1218
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	2,04	2,86	164,59	149,39
Comerciales vs Nativas	0,06	0,57	-86,98	-69,39

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Los promedios de ganancia de peso corporal y consumo de alimento ajustados a gramos por kilogramo de peso metabólico por día y los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS), materia orgánica (CDMO) y proteína (CDPC) se muestran en la **Tabla 5.3**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), en los promedios de CDMS, CDMO y CDPC. El tratamiento levadura nativa 1, presentó los valores promedio mas altos de CDMS CDMO y CDPC (75%; 78% y 70%, respectivamente) (**Tabla 5.3**). Ninguno de los contrastes propuestos fue significativos sobre las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Tabla 5.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre los coeficientes de digestibilidad de materia seca, materia orgánica, proteína, en pollos de engorde machos (22-26 días de edad).

Tratamiento	Ganancia peso (g/PC ^{0.75} /día)	Consumo (g/PC ^{0.75} /día)	CD Materia Seca (%)	CD Materia orgánica (%)	CD Proteína (%)
Control	72	123	72,3 ab	75,8 ab	68,8 a
Levapan®	75	126	71,9 ab	75,6 ab	69,8 a
AB vista®	74	125	69,9 b	74,3 ab	64,8 ab
Levadura Nativa 1	74	127	74,9 a	78,2 a	69,7 a
Levadura Nativa 2	71	134	68,9 b	73 b	61,8 b
Levadura Nativa 3	70	130	68,5 b	72,7 b	66,5 a
Significancia	ns	ns	***	***	**
Error est. Media ¹	3,60	8,20	2,14	1,92	3,59
Contrastes	Probabilidad				
Control vs Levaduras	ns	ns	ns	ns	ns
Comerciales vs Nativas	ns	ns	ns	ns	ns

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

La energía metabolizable aparente ingerida (EMAI), la energía metabolizable aparente ingerida corregida por nitrógeno (EMAI_n), la energía retenida (ER), energía retenida como proteína (ER_p) y la energía retenida como grasa (ER_g) ajustados a kilocalorías por kilogramo de peso metabólico por día, se muestran en la **Tabla 5.4**. Los valores promedios de EMAI, EMAI_n, metabolizabilidad de la dieta, ER, ER_p y ER_g fueron significativamente diferentes ($P > 0.01$). La inclusión

de la levadura Nativa 1 presentó un mayor valor promedio de EMAI, EMAn y metabolizabilidad de la dieta, ER y ERp comparado con las otras levaduras nativas. Los pollos del grupo con levadura nativa 1 presentaron una mayor ingestión de EMA y EMAn (876 y 871 kcal/PC^{0.75}/día, respectivamente) comparados con los grupos con levaduras nativas 2 y 3.

La metabolizabilidad de la dieta control fue mejor en 2% (P<0.1) comparada con la de las dietas con levaduras. Los pollos que recibieron levaduras comerciales presentaron mayor retención de energía comparado con los pollos que recibieron las levaduras nativas, con una diferencia estimada de 15 kcal/PC^{0.75}/día (P<0.01). La retención promedio de energía como proteína fue mas alta para los pollos control comparado con los de levaduras (con una diferencia estimada de 7.2 kcal/PC^{0.75}/día a favor del tratamiento control) (P<0.02), mientras el promedio de la energía retenida como grasa fue mayor para el grupo que recibió la levadura AB vista® (66 kcal/PC^{0.75}/día), comparado con los grupos que recibieron las levaduras nativas (1, 2 y 3) 49, 48 y 50 kcal/PC^{0.75}/día, respectivamente (P<0.001).

Tabla 5.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la ingestión de energía, metabolizabilidad de la dieta, disponibilidad neta de energía metabolizable y energía retenida como proteína y grasa en pollos de engorde machos.

Tratamiento	EMA ingerida (Kcal/PC ^{0.75} /día)	EMAn ingerida (Kcal/PC ^{0.75} /día)	Metabolizabilidad de la dieta (%)	ER (Kcal/PC ^{0.75} /día)	Disponibilidad Neta de EM (%)	ER proteína (Kcal/PC ^{0.75} /día)	ER grasa (Kcal/PC ^{0.75} /día)
Control	867 ab	861 a	77 ab	140.0 ab	35.8	88,2 a	51.8 ab
Levapan®	818 abc	813 ab	77 abc	147.8 a	38.4	91,61 a	55.5 ab
AB vista®	824 abc	819 ab	75 bc	140.5 a	36.7	74,67 b	65.9 a
Levadura Nativa 1	876 a	871 a	80 a	145.7 a	34.6	94,09 a	48.6 b
Levadura Nativa 2	782 c	777 b	73 c	119.5 c	30.7	71,61 b	47.9 b
Levadura Nativa 3	779 c	774 b	73 c	122.7 b	32.1	72,77 b	49.9 b
Significancia	***	***	***	***	ns	***	***
Error est. Media ¹	37,42	37,20	1,90	7,76	3,5	3,00	6,31
Contrastes	Probabilidad						

Control vs Levaduras	0,0237	0,0239	0,0823	ns	ns	0,0003	0.6200
Comerciales vs Nativas	ns	ns	ns	0.0005	0.0059	0,0156	0.0007
Parámetro	Diferencia Estimada						
Control vs Levaduras	50,64	50,19	2.00			7,24	
Comerciales vs Nativas				14.88	4.99	3,65	11.85

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la tasa de retención de energía (TRE) y la tasa de retención de proteína (TRP), durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad) e iniciación (8-24 días de edad), se muestra en la **Tabla 5.5**. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) durante las fases de preinicio e iniciación en las TRE y TRP. Durante la preiniciación promedios mas altos para la TRE y TRP se presentaron en la levadura nativa 3 (80% y 40%, respectivamente), estos valores promedios fueron estadísticamente diferentes a los promedios de los tratamientos Control, AB vista® y levadura nativa 2. Sin embargo, posteriormente durante la fase de iniciación, los valores promedios de la TRE y TRP de este tratamiento fueron mas bajos con respecto a los del grupo Levapan®, AB vista® y levadura nativa 1.

Durante la fase de iniciación las TRE para las dietas con levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparadas con las TRE para las dietas con levaduras nativas (1, 2 y 3) fueron mayores, con una diferencia estimada de (4.4%) a favor de las levaduras comerciales ($P < 0.001$). Además, la TRE para la dieta control comparada con las TRE para las dietas con levaduras fue menor, con una diferencia estimada de (1.4%) a favor de la inclusión de levaduras (**Tabla 5.5**).

Tabla 5.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas en pollos de engorde machos sobre la tasa de retención de energía (TRE) y tasa de retención de proteína (TRP), durante las fases de alimentación: preiniciación (1-7 días de edad) e iniciación (8-24 días de edad).

Tratamiento	BALANCE		PREINICIO		INICIO	
	TR PC (%)	TR ENERGIA (%)	TR PC (%)	TR ENERGIA (%)	TR PC (%)	TR ENERGIA (%)
Control	64 a	27 b	65 bc	34 b	51 bcd	28 b
Levapan®	46 b	35 a	69 b	36 ab	52 bc	34 a
AB vista®	52 b	29 b	65 bc	34 b	55 b	31 a
Levadura Nativa 1	65 a	28 b	60 c	37 ab	60 a	32 a
Levadura Nativa 2	26 d	17 c	63 bc	34 b	49 cd	26 c
Levadura Nativa 3	37 c	17 c	80 a	40 a	47 d	27 bc
Significancia	***	***	***	***	***	***
Error est. Media ¹	3,20	1,74	3,84	2,09	2,08	1,18
Contrastes	Probabilidad					
Control vs Levaduras	<.0001	0.0439	0,23	0.1017	0,14	0.0390
Comerciales vs Nativas	0.0001	<.0001	0,87	0.0771	0,16	<.0001
Parámetro	Diferencia Estimada					
Control vs Levaduras	19,14	2,06	-2,63	-1,97	-1,77	-1,43
Comerciales vs Nativas	7,06	11,12	-0,29	-1,79	1,39	4,36

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

5.5. Discusión

Existen pocos estudios sobre los efectos de la inclusión de levaduras respecto la digestibilidad de nutrientes y la energía metabolizable en pollos de engorde. Relacionado con componentes de la pared celular de las levaduras, Yang, et al., 2008, evaluaron el efecto de la inclusión de manano oligosacaridos MOS, en la utilización de energía, y digestibilidad nutrientes, y encontró que la inclusión de pared celular de levadura mejoró la energía del metabolizable aparente (EMA), pero no afectó la digestibilidad nutrientes, sugiriendo un efecto modulador del MOS sobre la microflora intestinal. En este sentido, Muramatsu et al., (1994), sugieren que la microflora del intestino pueden modificar el metabolismo energético en pollos. Además, Lan et al., 2005, sugieren que el aumento en las poblaciones de bacterias intestinales incrementan los requerimientos de energía de mantenimiento de los pollos.

Durante el balance (22 a 26 días de edad), se encontraron diferencias en la digestibilidad de nutrientes y la energía metabolizable entre los pollos del grupo control y los grupos que recibieron las levaduras. Los promedios de EMA y

EMAn en el grupo control fueron mas altos, comprados los grupos que recibieron levaduras, con diferencias estimadas de (165 Kcal/kg para la EMA) y (149 Kcal/kg para la EMAn) a favor del grupo Control.

Igualmente, se observaron mayores valores de EMAI y de EMAn corregidas por peso metabólico y retención de energía como proteína (ERp), en el grupo control, con diferencias estimadas a favor de este grupo de: 50.6 kcal/PC^{0.75}/día de EMA, 50.2 kcal/PC^{0.75}/día de EMAn y 7.2 kcal/PC^{0.75}/día de ERp. Además, la metabolizabilidad de la dieta control fue mejor en 2%, comparada con la de las dietas con levaduras.

Sin embargo, los pollos que recibieron las dietas con inclusión de la levadura nativa 1, presentaron valores similares al grupo control, en las variables anteriormente mencionadas. No obstante, durante la fase de iniciación acumulada (8 a 24 días de edad), la TRE para el grupo control fue menor, comparado con los grupos que recibieron las levaduras, con una diferencia estimada de (1.4%) a favor de la inclusión de levaduras.

En general, los valores para las variables evaluadas en este estudio fueron mejores para el grupo control, comparado con los grupos que recibieron las levaduras. Estos resultados son contrarios a los reportados por Gao, et al., 2008, quienes afirman que la utilización de la energía bruta y proteína cruda no fue afectada por la inclusión de levaduras, y de otros estudios, que muestran como la suplementación con levaduras mejora la eficiencia de utilización de la energía en aves (Tonkinson et al., 1965; Savage et al., 1985; Bradley y Savage, 1995).

5.6. Conclusión

Los valores de la EMA y EMAn fueron mas altos para el control comparado con las levaduras, con diferencias estimadas de (165 Kcal/kg para la EMA) y (149

Kcal/kg para la EMAn). Sobresale la levadura 1 con una mayor ingestión de EMA y EMAn (876 y 871 kcal/PC^{0.75}/día, respectivamente).

La metabolizabilidad de la dieta fue mejor en 2% en los pollos no suplementados con levaduras. Los pollos que recibieron levaduras comerciales presentaron mayor retención de energía comparado con las levaduras nativas, con una diferencia estimada de 15 kcal/PC^{0.75}/día. La retención promedio de energía como proteína fue mas alta para los pollos no suplementados (con una diferencia estimada de 7.2 kcal/PC^{0.75}/día.

5.7. Bibliografía

Álvarez, R. J. y M. Valdivie. 1980. Energía metabolizable y retención de nitrógeno en dietas con levadura torula para pollos de engorde. Rev. Cubana Cienc. Agric. 14:55.

AOAC. 2003. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

Borges, R. P.; De Souza, M. R.; Fonseca de Freitas, R. T.; Bertechini, A. G.; Fialho, T. E. 2005. Influência do tempo de coleta e metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para aves. R. Bras. Zootec. Vol.34 no.3 May/June, Vinosa.

Cuaron, I. J. A. 2000. Influencia de las levaduras en la dieta, respuesta microbiológica antagonista. Simposio sobre aditivos alimenticios alternativos en la nutrición animal, Campinas SP.

Ferret, P.R. 2002. Use of oligosaccharides and gut modifiers as replacements for dietary antibiotics. Proc. 63 Rd Minnesota Nutrition Conference, September 17-18, Eagan, MN, pp 169-182.

Francesch, M., Bernard, K. and McNab, J. M. 2002. Comparison of two direct bioassays using 3-week-old broilers to easure the metabolisable energy of diets containing cereals high in differences between true and apparent metabolisable energy values. Briti

Hughes, R.J. 2003. ENERGY METABOLISM OF CHICKENS. Physiological Limitations. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Australia.

KyungWoo Lee, Soo Kee Lee and Bong Duk Lee. 2006. *Aspergillus oryzae* as Probiotic in Poultry - A Review. *International Journal of Poultry Science* 5 (1): 01-03. Asian Network for Scientific Information.

National Research Council. 1994. *Nutrient requirements of poultry*. 9 th, Rev. edition Nat. Acad. Press, Washington, DC.

Newbold, C. J. 2003. Probiotics, principles for the use ruminant nutrition, pages 29-40: in role of probiotics and the link to the use to the demans European consumers 11 February 2003. ID Lelistad report 03/0002713

Perdomo, M. C., Vargas, R. E., Campos, J. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) y de sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación aviar. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.

Ravindran, V., Hew, L. I., Ravindran, G., Gill, R.J., Pittolo, P. H. and Bryden. W. L. 1999. Influence of xylanase supplementation on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility in a diet containing wheat and oats

Santomá, G. 2001. Estimuladores De La Inmunidad. Xiv Curso De Especialización Avances En Nutrición Y Alimentación Animal. FEDNA

SAS. 2002. *Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT. Version 8*. Cary. NC. Users guide statical análisis system. Institute, Inc. Cory, W.C.

Silva, D. J. 1990. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 2.ed. MG: Universidade Federal de Vinosa.

Van Vuuren, A. M. 2003. Effects of live yeast of the performance of dairy cows, pages 29-40: in role of probiotics and the link to the use to the demans European consumers 11 February 2003. ID Lelistad report 03/0002713.

Capítulo 6.

Evaluación de la suplementación con levaduras, sobre el crecimiento alométrico del sistema digestivo, morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora del ciego de pollos de engorde machos.

6.1. Resumen

Dentro de las estrategias estudiadas para mejorar las condiciones funcionales del TGI de las aves, se encuentra el empleo de nuevos aditivos alimenticios. Dentro de estas posibilidades, se encuentra el empleo de levaduras. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial funcional y nutricional de tres (3) diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales Colombianos, en la alimentación de pollos de engorde machos y sus efectos sobre las variaciones en el crecimiento alométrico del sistema digestivo, morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora del ciego. Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (tres (3) diferentes cepas de levaduras nativas, dos (2) controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y un control sin levadura), se realizaron comparaciones de los valores promedios de cada una de las variables respuesta con nivel de significancia ($P < 0.05$) mediante el programa SAS versión 9. (SAS, 2002). Sobresalieron las relaciones alométricas con el peso corporal y el peso del TGI, en los órganos proventrículo y molleja, con las levaduras nativas 1 y 2. Se observaron diferencias estimadas significativas a favor de los pollos que recibieron las dietas con inclusión de levaduras en el contenido cecal de ácidos grasos volátiles (propiónico e isobutírico) de 0.13 mmol/ml y 0.03 mmol/ml respectivamente, a los 8 días de edad de los pollos y de 0.64 mmol/ml y 0.08 mmol/ml respectivamente, a los 22 días de edad. Similarmente, a los 22 días de edad, se encontraron diferencias entre el tratamiento control y los tratamientos con inclusión de levaduras, con criptas más profundas en duodeno de aves del grupo control (diferencia

estimada de 35 μ m) y relación altura de la vellosidad/profundidad de la cripta en yeyuno menor en el grupo control (diferencia estimada de 1.1 μ m/ μ m).

Palabras clave:

Levaduras, alimentación, pollos de engorde, crecimiento alométrico, sistema digestivo, morfometría intestinal, ácidos grasos volátiles.

6.2. Introducción

El incremento en la eficiencia productiva de los pollos de engorde puede ser alcanzada en el inmediato futuro mediante desarrollos que promuevan un mejor entendimiento y manipulación de los mecanismos que regulan la disponibilidad y utilización de nutrientes en el tracto gastrointestinal (TGI). Dentro de las estrategias diseñadas para mejorar las condiciones estructurales del TGI, se encuentra el empleo de nuevos aditivos nutricionales y funcionales (Bedford, 2000; Bnifau, 2000; Kaldhusdal, 2003; Adams, 2004), productos que optimicen los procesos de absorción de nutrientes, mejoran la funcionalidad de la barrera intestinal y de la microbiota, disminuyendo los costos de mantenimiento digestivo, mejorando la respuesta inmune y finalmente garantizando la productividad y efectividad de la carne de pollo (Van der Klis y Jansman, 2002).

Las levaduras son consideradas como una de las alternativas más promisorias para remplazar el uso de los antibióticos promotores de desempeño APPs, pues facilitan y apoyan la relación simbiótica entre el huésped y su microflora. Los beneficios empíricos de las levaduras sobre la salud y productividad han sido documentados en diferentes estudios. (Cuaron, 2000; Lesson y Summers, 2001; Newbold, 2003; Van Vuuren, 2003). Sin embargo, como ocurre con la mayoría de los nuevos aditivos naturales, los mecanismos de acción específicos de las levaduras, no han sido claramente definidos. Estos beneficios podrían estar asociados con la disponibilidad de nutrientes presentes en la levadura como proteínas, aminoácidos, minerales y vitaminas, que pueden ser usados por el animal cuando la levadura muere. La levadura también puede producir

numerosas enzimas (proteasas, peptidasas, hidrolasas, maltasas, fosfatasas, galactocidasas, etc), las cuales pueden ser liberadas en el intestino y reforzar la acción de las enzimas endógenas, facilitando la digestión del alimento. (Nilson, et al., 2004; Spark, et al., 2005; Cuarón, 2000).

El general, los diferentes estudios muestran efectos diversos del uso de las levaduras en la alimentación de aves, como la modificación de la digestibilidad de nutrientes, el desarrollo de la mucosa digestiva y la reducción de la colonización por bacterias patógenas y disminución de efectos adversos de metabolitos secundarios como las micotoxinas.

De otra parte, la utilización de la energía neta por las aves está determinada en buena medida, por los requerimientos para el mantenimiento y crecimiento del intestino (Choct, 1999), y por el área superficial de este órgano. Esto último, depende del grado de la macroestructura morfológica: la longitud y el área transversal de los segmentos duodeno, yeyuno e íleon, y por la microestructura morfológica, es decir, la altura de las vellosidades y el área superficial del epitelio, en cada uno de estos segmentos (Jin et al., 1998; Iji, 1999).

La cripta puede ser considerada como la fábrica de las vellosidades, y una cripta grande indica un rápido cambio de tejido y una alta demanda por un nuevo tejido (Yason y col., 1987). En un estudio realizado por Bradley y col., (1994) en pollos de engorde, se encontró que la inclusión de levaduras de *Saccharomyces boulardii* a un nivel de 0.2 kg/ton en el alimento, produjo una disminución en el número de células caliciformes, menor profundidad de las criptas y no tuvo un efecto sobre la altura y amplitud de las vellosidades del íleon. Los trabajos de Santín y colaboradores (2001) y Zhang y colaboradores (2005), igualmente hacen referencia al efecto trófico de las levaduras sobre la mucosa digestiva y su papel como promotor de desempeño.

Las levaduras en su función de probiótico y prebiótico limitan la colonización de los patógenos a través del cambio del metabolismo del ecosistema microbial intestinal, incrementando la producción de sustancias antibacteriales, tales como ácidos grasos volátiles (AGVs), ácido láctico y bacteriocinas (Sakata y col., 1999). Los ácidos grasos de cadena corta ó AGVs, de 2 a 5 carbonos, tal como acético, propiónico, y n-butírico, son absorbidos y utilizados por el huésped, la oxidación de estos ácidos supe el 60-70% de las necesidades energéticas de los enterocitos y juegan un importante papel en la homeóstasis del lumen intestinal (Roediger, 1980a, b, 1995; Bergman, 1990). De tal forma, los planteamientos de este estudio estuvieron dirigidos a evaluar el potencial funcional y nutricional de tres (3) diferentes cepas de levaduras aisladas de frutales Colombianos y de dos (2) levaduras comerciales, sobre la integralidad del tracto gastrointestinal (TGI) en pollos de engorde machos.

6.3. MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones de CORPOICA Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera, Colombia, ubicado a 2650 msnm, con una temperatura media de 14.5°C, precipitación anual de 800 m.m. y humedad relativa de 70%.

Instalaciones y equipos

Para el trabajo experimental se utilizó 1 galpón de 18 mts. de largo por 5 mts. de ancho. Las aves se alojaron aleatoriamente en 2 baterías verticales de cría provistas de los elementos necesarios para efectuar todas las mediciones requeridas: comederos de canal para el suministro de las dietas experimentales, bebederos automáticos de niple con copa, fuente eléctrica de calor, rejilla, y bandeja de recolección de heces. La densidad máxima manejada fue de 15 aves/corral. La temperatura se mantuvo a partir de la segunda semana entre 23-28°C.

Programa de sanitario

Todos los pollos de engorde fueron sometidos durante el periodo experimental al mismo programa sanitario, prácticas de manejo y calendario de vacunación de acuerdo a las normas establecidas por CORPOICA en el Centro de Investigaciones de Tibaitatá.

Material experimental

Se utilizaron 270 pollos machos de la estirpe HYBRO recién nacidos, provenientes de una incubadora comercial. Los pollos fueron preseleccionados buscando una homogeneidad en el peso corporal (se eliminaron pesos atípicos de más de una desviación estándar de la mediana), tamaño, características fenotípicas y sanidad, de tal manera que las diferencias de estas variables fueran mínimas para disminuir al máximo el error experimental.

Dietas experimentales

Se evaluaron 6 dietas en harina formuladas en el ámbito comercial con y sin la adición de levaduras (nivel de inclusión 0.5% expensas del contenido de maíz), de acuerdo a un esquema de alimentación por fases: preiniciación (1-7 días de edad), iniciación (8-24 días de edad). La composición de cada dieta fue de 22% y 21% de proteína cruda y 3000 y 3050 Kcal/kg de (EM) para cada fase de alimentación respectivamente. La formulación de las dietas experimentales se realizó utilizando el programa UFFDA y se utilizaron los valores composicionales de ingredientes reportados en el NRC, (1994), y ajustadas a su disponibilidad comercial en Colombia. **Tabla 6.1.**

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

Tratamiento 1: dieta control sin inclusión de levadura

Tratamiento 2: dieta con levadura comercial Levapan® presentación seca

Tratamiento 3: dieta con inclusión de levadura comercial AB vista®

Tratamiento 4: dieta con inclusión de levadura nativa 1

Tratamiento 5: dieta con inclusión de levadura nativa 2

Tratamiento 6: dieta con inclusión de levadura nativa 3

Tabla 6.1. Composición de las dietas experimentales

MATERIA PRIMA	Preinicio		Inicio		Crecimiento	
	Control	Levadura (0,5%)	Control	Levadura (0,5%)	Control	Levadura (0,5%)
	Inclusión (%)					
Maíz	48,67	48,17	52,20	51,70	55,82	55,32
Harina arroz	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Torta Soya 49	25,43	25,43	22,08	22,08	18,65	18,65
Soya Extruída	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Harina pescado 64	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Aceite de Palma	1,63	1,63	1,81	1,81	1,89	1,81
Carbonato Ca	1,25	1,25	1,19	1,19	1,10	1,19
Fosfato dicálcico	1,49	1,49	1,36	1,36	1,19	1,36
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Bicarbonato de Na	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
DL- Metionina	0,22	0,22	0,16	0,16	0,15	0,15
L- Lisina HCl	0,27	0,27	0,20	0,20	0,21	0,21
L -Treonina	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08
Cl. Colina 60%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Premex Min y Vit	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
LEVADURA ¹		0,50		0,50		0,50

¹ Las levaduras fueron incluidas en la dieta a expensas del maíz

Metodología

El alimento fue suministrado cada día a la misma hora y junto con el agua de bebida se proporcionaron a voluntad.

Tres (3) pollos por replica por tratamiento los días 8, 15 y 22 del experimento, se pesaron y sacrificaron por desplazamiento de la articulación cráneo-cervical. Se registró su peso corporal y el peso de los siguientes órganos: hígado, páncreas, proventrículo, molleja, duodeno, yeyuno, ileon, ciegos y colon. El intestino completo, junto con los ciegos, fueron removidos cuidadosamente de la cavidad corporal, luego se procedió a extraer el contenido cecal de cada ave formando un conjunto/ave por réplica. Este contenido fue asépticamente homogenizado para posteriormente determinar el pH y la concentración de ácidos grasos

volátiles (AGVs) (acético, propiónico, Isobutírico y butírico) en el Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA.

Para los análisis histológicos, se seleccionó un segmento de 3 centímetros del duodeno, del yeyuno y del íleon (el duodeno: desde el píloro hasta la porción distal de la vuelta duodenal; el yeyuno: desde la porción distal del giro duodenal al divertículo de Meckel y íleon: desde el divertículo de Meckel y hasta el inicio del ciego). Las muestras fueron fijadas en formaldehído al 10% y posteriormente, los tejidos se sometieron a la rutina histológica con la inclusión del material en parafina. Con el uso de un micrótopo, se realizaron 8 cortes de 7 mm de espesor marcados con Hematoxilina y Eosina. En estos cortes, con la ayuda de un microscopio óptico Nico Typo 124 acoplado a un sistema analizador de imágenes: IMAGE ANALYSIS SISTEM LECO® 2001, versión 2002, se realizaron las observaciones microscópicas de cambios morfométricos en el Laboratorio de Morfología de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Se midieron la altura y ancho de las vellosidades y profundidad de las criptas en los diferentes segmentos del intestino. Registrando la altura de la vellosidad al inicio del área basal coincidente con la porción superior de la cripta al ápice, se calculó el área aparente de la vellosidad y la relación altura de la vellosidad/cripta. Se realizaron 20 medidas por tejido por ave (Maiorka, et al., 2000; Hughes, 2003, Xialun, 2004, Ferket, 2004, y Morales, et al., 2005)

Determinación de pH

Se tomaron 0.2g de cada conjunto de muestra de contenido cecal y suspendieron en 2.4 ml de agua destilada desionizada. Esta mezcla se agitó con perlas de vidrio, posteriormente se insertó en la mezcla un electrodo de pH y se realizaron las lecturas en un potenciómetro (Orion 611 pH meter, Orion Research, Cambridge, MA) (Corrier y col., 1990). El pH de la suspensión fue medido dentro de los 45 minutos subsiguientes al sacrificio de las aves siguiendo las recomendaciones de Hinton, et al., (1990).

Concentración de ácidos grasos volátiles AGV

Se recolectaron 0.4g de cada conjunto de muestra de contenido cecal en eppendorfs que contenían dos perlas de vidrio y 1.6ml de agua destilada estéril, estos se agitaron vigorosamente, luego se adicionó ácido sulfúrico puro (2 ul) para estabilizar la muestra por acidificación (Hinton, et al., 1990, Van Der Wielen, et al., 2000; 2002). Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 10000 rpm por 15 minutos, se filtraron (filtro millipore de 0.2um) y se conservaron a -20°C, previo al análisis. Se determinó el contenido de AGVs por cromatografía de gases en un Cromatógrafo Perkin Elmer Autosystem XL según la técnica descrita por Leedle y Paulissen (1989).

Análisis estadístico:

Los pollos fueron distribuidos al azar en 6 tratamientos (Tres (3) diferentes cepas de levaduras nativas, dos (2) controles con levaduras comerciales (Levapan® presentación seca y AB vista®) y un control sin levadura), 3 réplicas y 15 aves por réplica. Cada piso de la batería se dividió en dos corrales (de 15 aves), el corral fue considerado como la unidad experimental. Las variables respuesta se analizaron bajo un diseño completamente al azar con muestreo en las unidades experimentales con el siguiente modelo estadístico:

$Y_i = \mu + \alpha_i + \epsilon_i$, con Y_i = respuesta dependiente, μ = media, α_i = efecto del tratamiento dietético, ϵ_i = error para el tratamiento $i \sim N(0, \sigma_\epsilon)$.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación no planeada para ver las diferencias de los tratamientos en los promedios de de pH de la digesta del ciego y productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles: acético, propiónico, Isobutírico y butírico). Adicionalmente, se realizó comparación de la estimación de medias de los siguientes contrastes: control vs. Levaduras, y levaduras comerciales vs. levaduras nativas, mediante el programa SAS versión 9 (SAS, 2002). Las diferencias fueron consideradas significativas

$P < 0.05$, aunque valores de probabilidad $P < 0.10$ se consideraron en el análisis como una tendencia.

Los datos de crecimiento alométrico del sistema digestivo y de morfometría de vellosidades intestinales fueron analizados usando el procedimiento MIXTO SAS (2002) de un diseño completamente al azar, añadiendo el efecto de la zona intestinal evaluada y la edad. Las diferencias fueron consideradas significativas $P < 0.05$, aunque valores de probabilidad $P < 0.10$ se consideraron en el análisis como una tendencia.

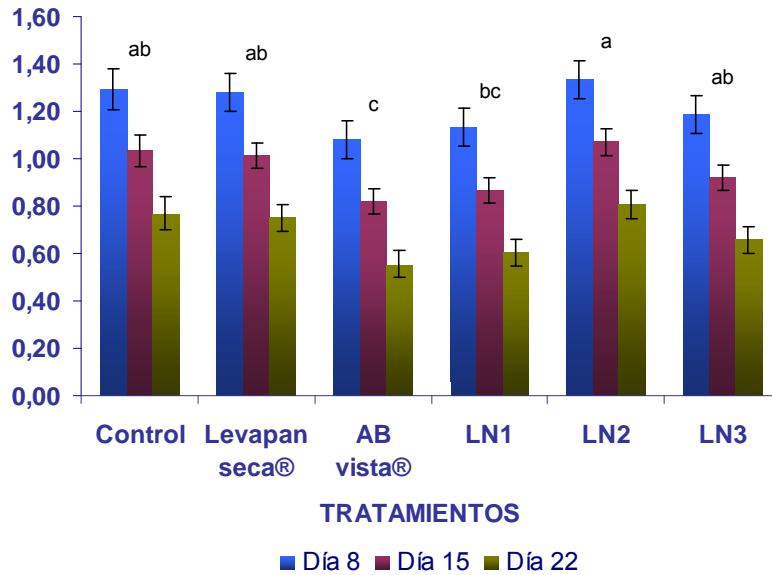
6.4. Resultados

Crecimiento alométrico del sistema digestivo

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la dinámica del peso relativo del tracto gastrointestinal (TGI) y sus órganos anexos hígado y páncreas, no fue significativo ($P > 0.05$) para su peso relativo con respecto al peso corporal de: tracto gastrointestinal, molleja, hígado, páncreas, duodeno, yeyuno, íleon y ciegos, de la misma manera, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el peso relativo del tracto gastrointestinal, con respecto al: hígado, páncreas, y yeyuno, este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación: 8, 15 y 22 días de edad.

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la dinámica del peso relativo del proventrículo con respecto al peso corporal, se muestra en la **Figura 6.1**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales, este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo del proventrículo de los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 2, fue mas alto (1.33%) comparado a los pollos que recibieron el tratamiento ABvista® (1.08%).

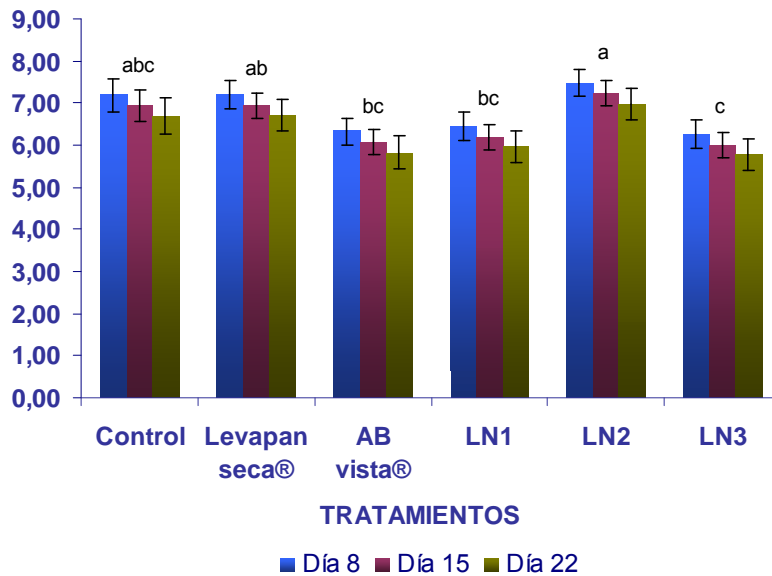
Figura 6.1. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del proventrículo de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d, Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la dinámica del peso relativo del proventrículo con respecto al TGI, se muestra en la **Figura 6.2**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales, este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo del proventrículo con respecto al TGI de los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 2, fue mas alto (7.47 %) comparado con los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 3 (6.27 %).

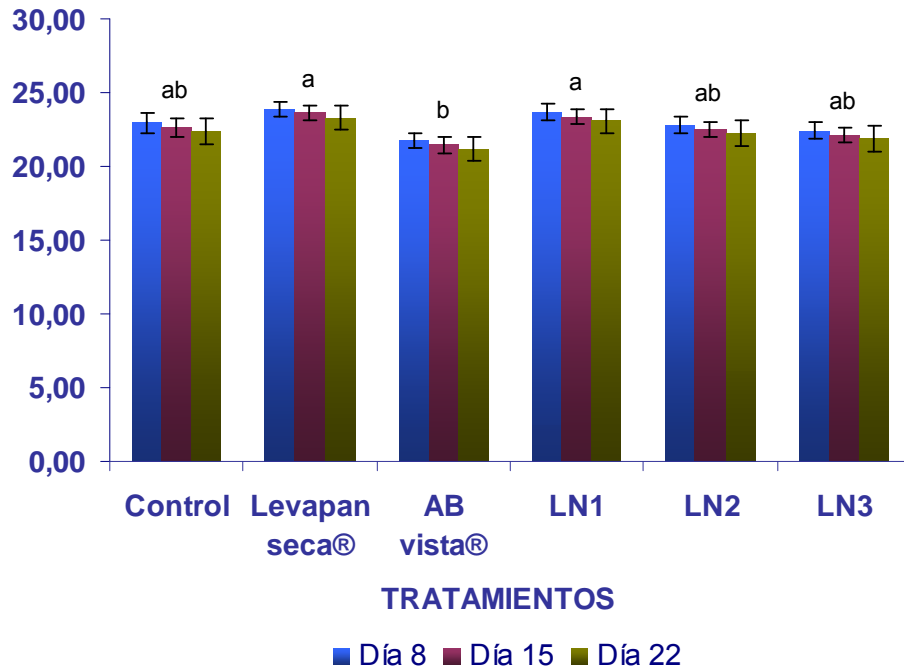
Figura 6.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del proventrículo con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d. Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

La dinámica del peso relativo de la molleja con respecto al TGI, se muestra en la **Figura 6.3**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo de la molleja con respecto al TGI de los pollos que recibieron los tratamientos Levapan® y levadura nativa 1 fueron mas altos (23.87 y 23.65%, respectivamente) comparado con los pollos que recibieron el tratamiento AB vista® (21.74 %).

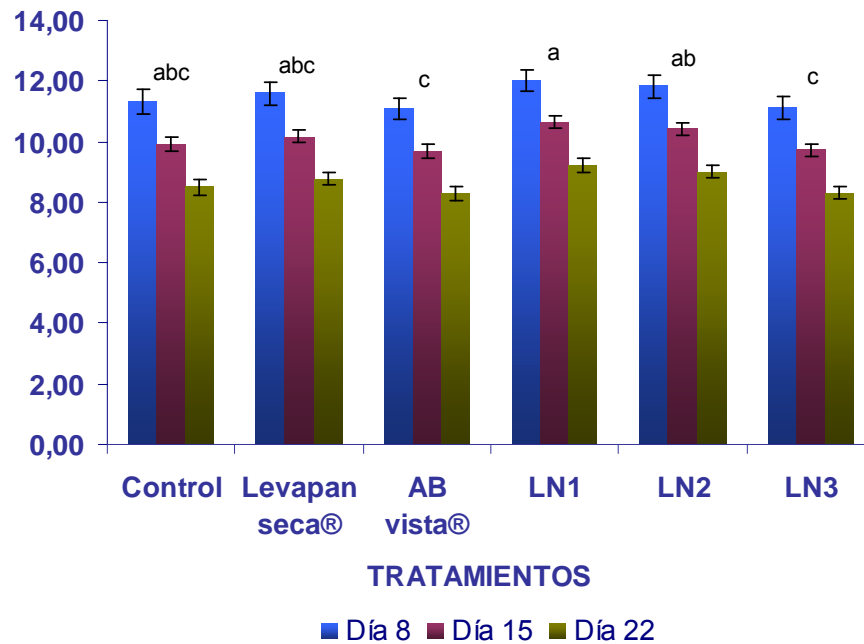
Figura 6.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de la molleja con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d, Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

La dinámica del peso relativo del duodeno con respecto al TGI, se muestra en la **Figura 6.4**. Diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos fueron encontradas y este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo del duodeno con respecto al TGI de los pollos que recibieron levadura nativa 1 fue mas alto (12.03%) comparado a los pollos que recibieron levadura nativa 3 y AB vista® (11.12 y 11.09 %, respectivamente).

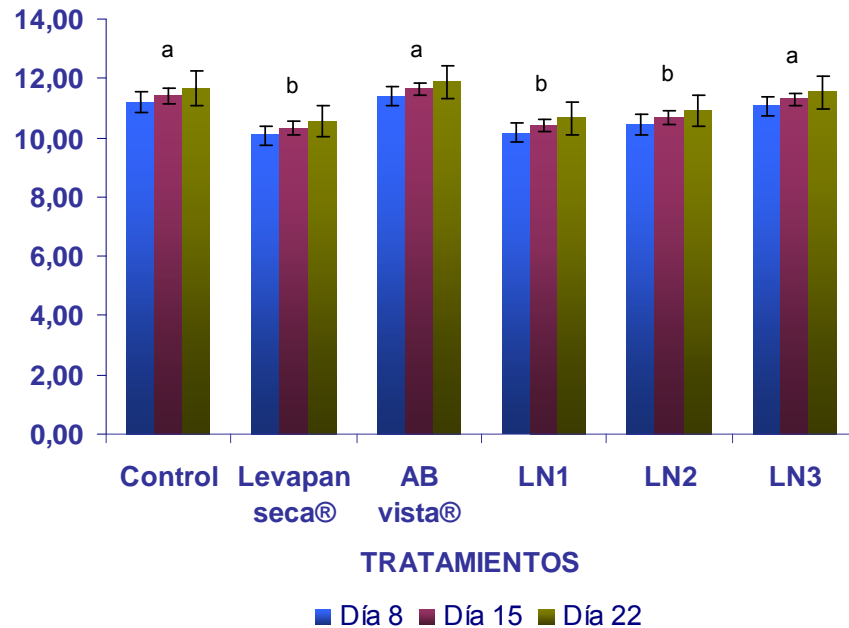
Figura 6.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del duodeno con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d. Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos, sobre la dinámica del peso relativo del ileon con respecto al TGI, se muestra en la **Figura 6.5**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo del ileon con respecto al TGI de los pollos que recibieron los tratamientos Control y AB vista® presentaron los valores mas altos (11.19 y 11.40 %, respectivamente).

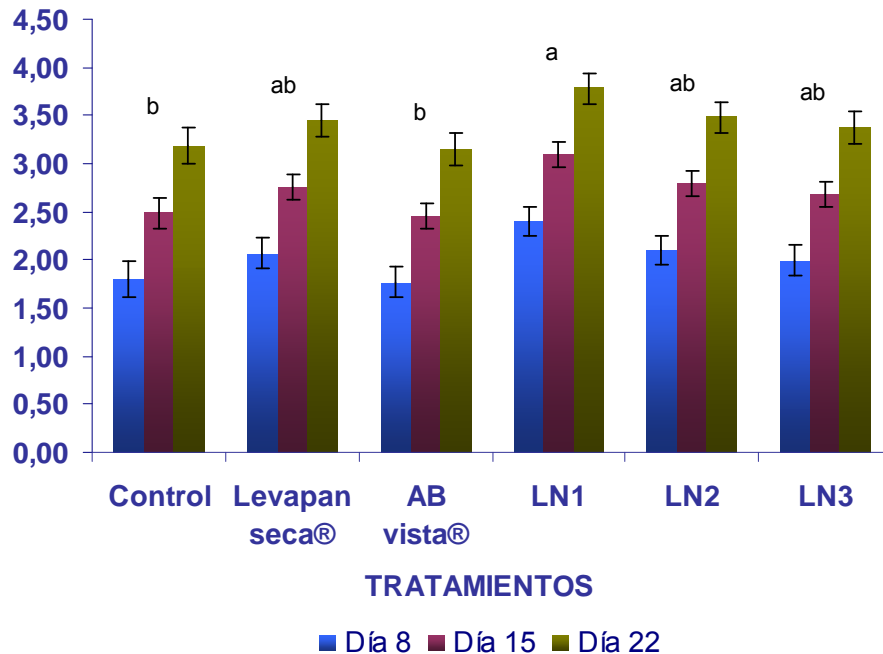
Figura 6.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del ileon con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d, Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica del peso relativo de los ciegos con respecto al TGI, se muestra en la **Figura 6.6**. Se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales, este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso relativo de los ciegos de los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 1 fue mas alto (2.40%) comparado al los pollos de los grupos que recibieron los tratamientos Control y AB vista® (1.80 y 1.77 %, respectivamente).

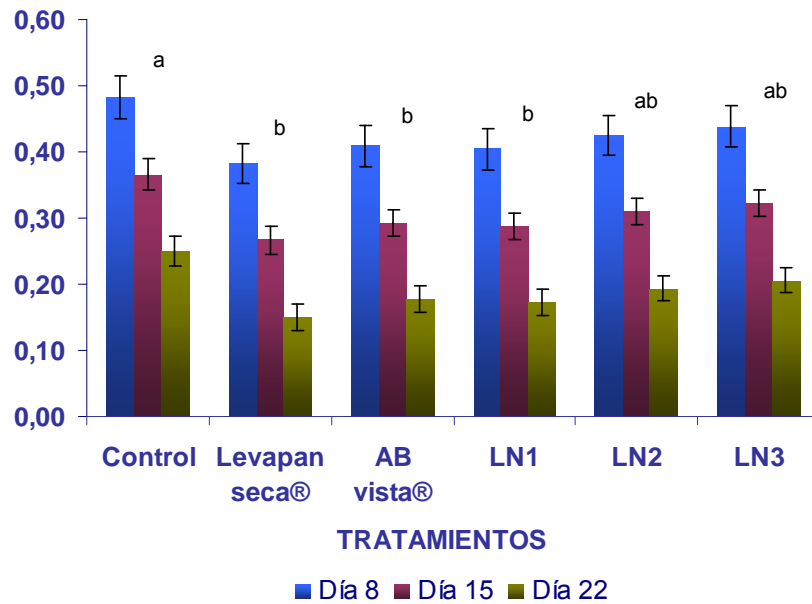
Figura 6.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo de los ciegos con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



^{a a, b, c, d.} Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica del peso relativo del colon con respecto al peso corporal, se muestra en la **Figura 6.7**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso promedio relativo del colon con respecto al peso corporal de los pollos del grupo Control fue mas alto (0.48%) comparado a los pollos de los restantes grupos experimentales.

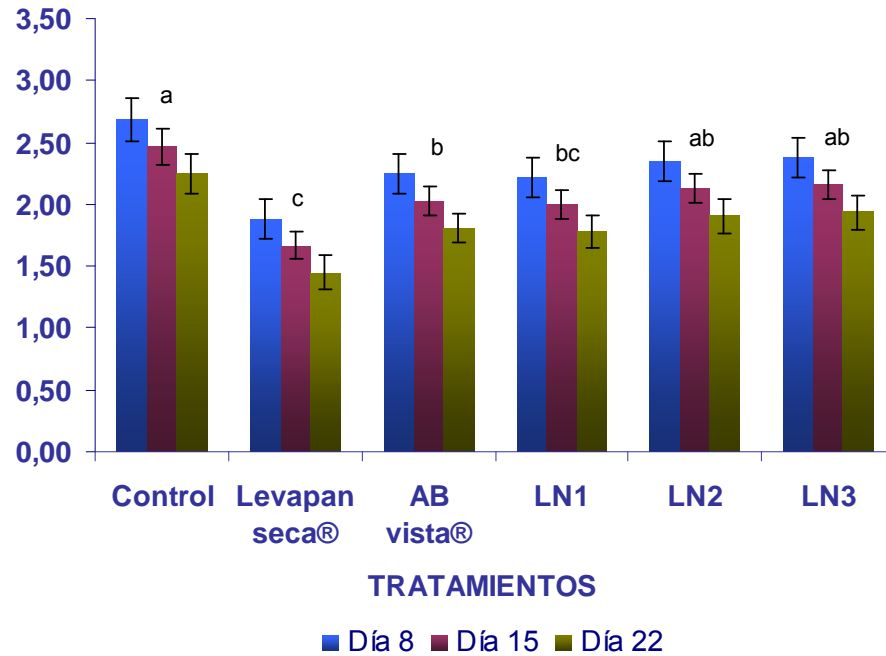
Figura 6.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del colon de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



a, b, c, d, Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica del peso relativo del colon con respecto al peso del TGI, se muestra en la **Figura 6.8**. Se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación (8, 15 y 22 días de edad). A los 8 días de edad, el peso promedio relativo del colon con respecto al peso del TGI del grupo Control fue mas alto (2.68%) comparado con los pollos de los restantes grupos experimentales.

Figura 6.8. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del peso relativo del colon con respecto al tracto gastrointestinal de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



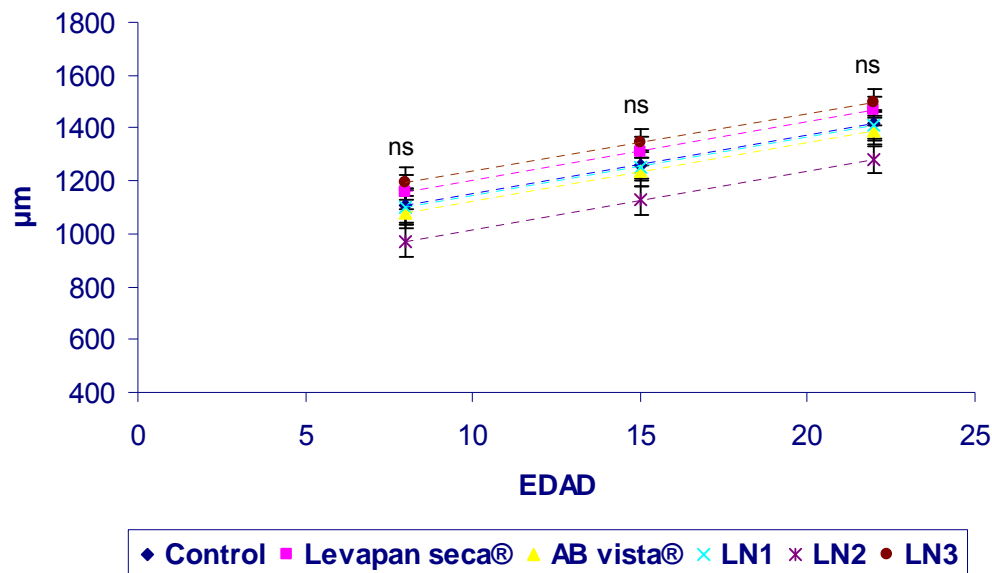
a, b, c, d. Entre series, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

Morfometría de vellosidades intestinales

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica de variables morfométricas del intestino delgado, fue significativo ($P < 0.05$) para las variables: altura de la vellosidad en duodeno, área aparente de la vellosidad en duodeno e íleon y para la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta en los segmentos duodeno y yeyuno. En contraste, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$), para las restantes variables evaluadas en los diferentes segmentos, entre las cuales se encuentra la profundidad de la cripta. Este comportamiento se mantuvo en los diferentes tiempos de evaluación: 8, 15 y 22 días de edad.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica de la altura de la vellosidad del duodeno, se muestra en la **Figura 6.9**. No se presentaron diferencias significativas entre los grupos experimentales ($P > 0.05$). Sin embargo, el análisis de promedios señala diferencias significativas entre los tratamientos Levapan® y Levadura Nativa 2 ($P < 0.0233$), con valores promedio de: (8 días 1159.29 μm , 1312.27 μm), (15 días 1465.25 μm y 973.49 μm) y (22 días 1126.46 μm , 1279.44 μm), respectivamente.

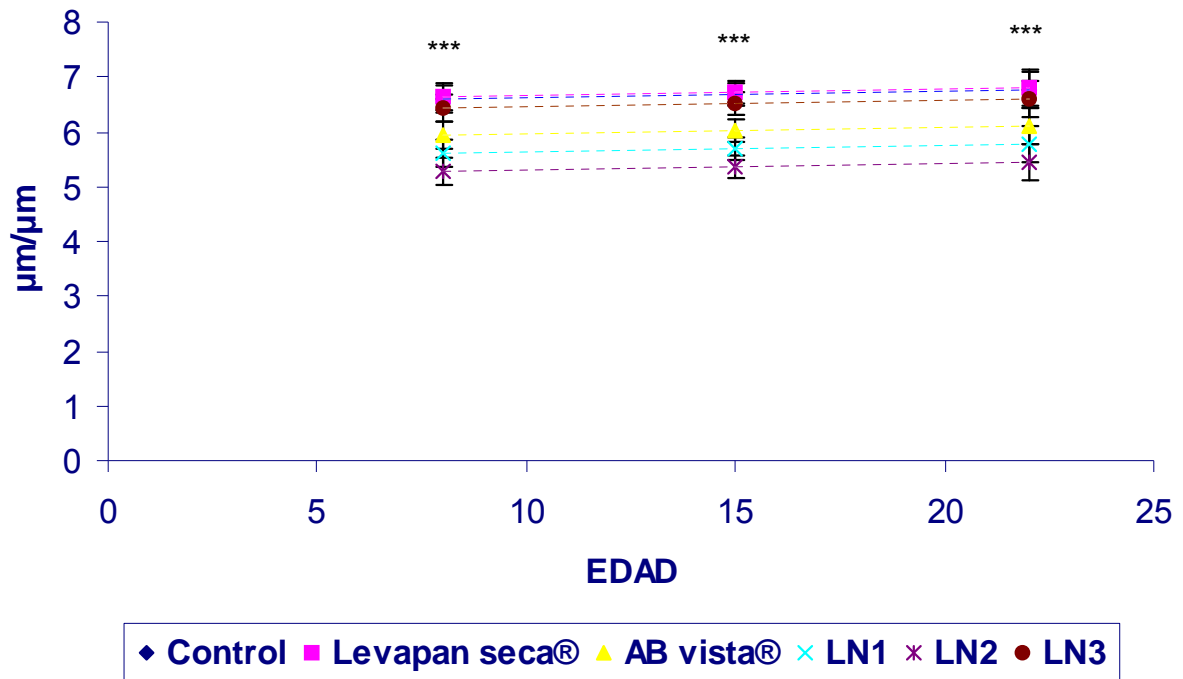
Figura 6.9. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la altura de la vellosidad del duodeno de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



* Entre series, promedios diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto promedio de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del duodeno, se muestra en la **Figura 6.10**. Se observan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). A los 8 días de edad, los valores promedio de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta de los pollos que recibieron los tratamientos Control y Levapan® fueron mas altos (6.58 y 6.62, respectivamente) comparado a los valores promedio de los pollos que recibieron el tratamiento levadura nativa 2 (5.3).

Figura 6.10. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del duodeno de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.

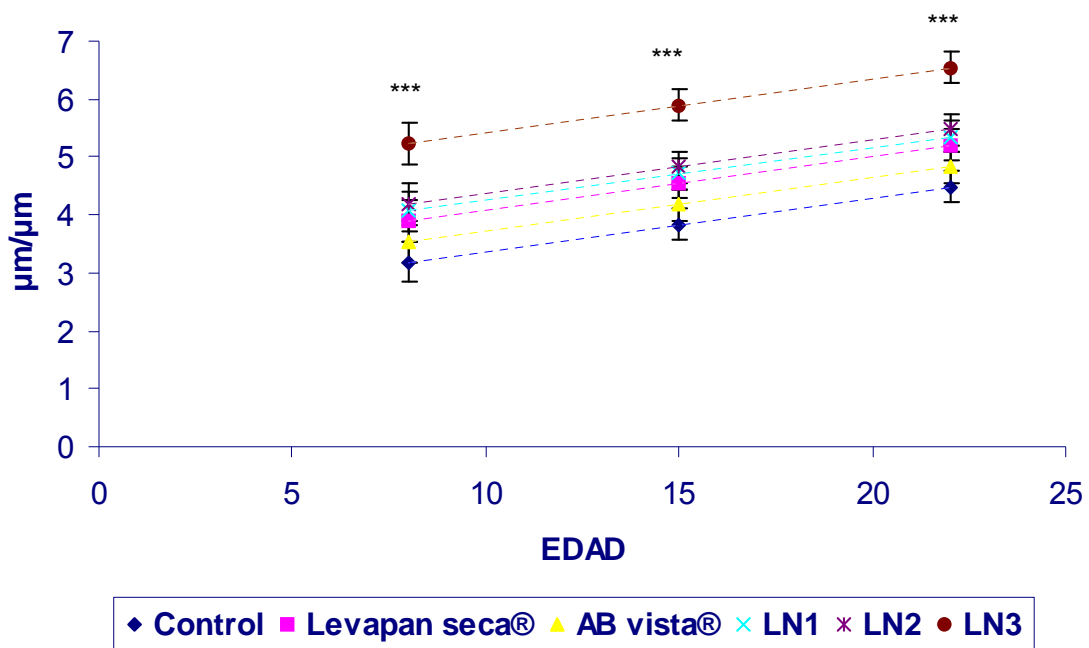


* Entre series, promedios diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del yeyuno, se muestra en la **Figura**

6.11. Se observan diferencias significativas entre los grupos experimentales ($P < 0.05$). A los 8 días de edad, el valor promedio de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta de los pollos que recibieron Levadura nativa 3 fue mas alto (5.2) que el valor promedio del Control (3.2).

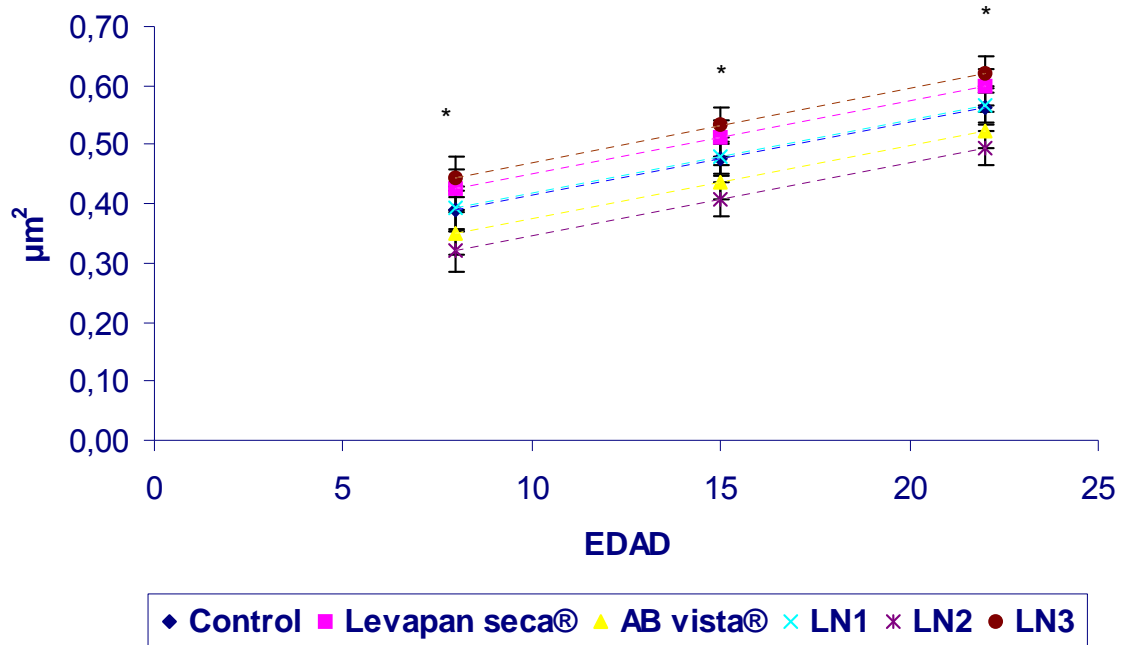
Figura 6.11. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del yeyuno de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



*** Entre series, promedios diferentes estadísticamente $P < 0.01$; ns= $P > 0.05$.

El efecto promedio de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde machos sobre la dinámica del área aparente de la vellosidad del duodeno, se muestra en la **Figura 6.12**. Diferencias significativas fueron observadas entre los tratamientos ($P < 0.05$). A los 8 días de edad, el promedio del área aparente de la vellosidad del duodeno de los pollos que recibieron levadura nativa 2 fue mas bajo ($0.32 \mu\text{m}^2$) comparada con Levapan® y levadura nativa 3 ($0.42 \mu\text{m}^2$ y $0.45 \mu\text{m}^2$, respectivamente).

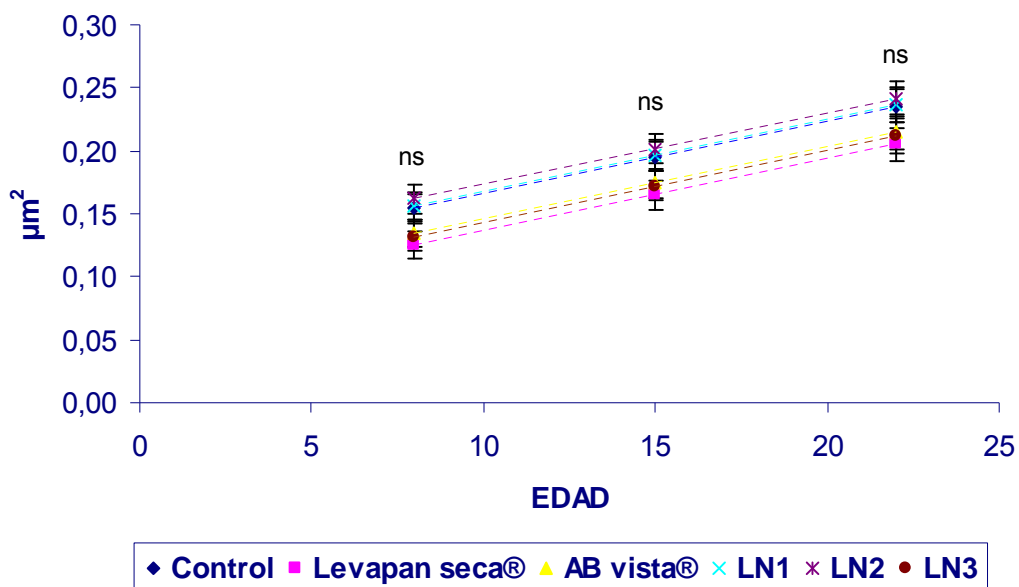
Figura 6.12. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del área aparente de la vellosidad del duodeno de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



*** Entre series, promedios diferentes estadísticamente $P < 0.1$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre el área aparente de la vellosidad del ileon, se muestra en la **Figura 6.13**. No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, el análisis de promedios señala diferencias significativas para los tratamientos Levapan® y Levadura Nativa 2 ($P < 0.0233$) con valores promedio de: (8 días $0.1248 \mu\text{m}^2$, $0.1649 \mu\text{m}^2$), (15 días $0.2050 \mu\text{m}^2$ y $0.1617 \mu\text{m}^2$) y (22 días $0.2018 \mu\text{m}^2$, $0.2419 \mu\text{m}^2$), para los tratamientos Levapan® y Levadura Nativa 2, respectivamente.

Figura 6.13. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la dinámica del área aparente de la vellosidad del ileon de pollos de engorde machos a los 8, 15 y 22 de edad.



* Entre series, promedios diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$.

El efecto de la inclusión de levaduras sobre parámetros morfométricos del duodeno a los 22 días de edad, se muestra en la **Tabla 6.2**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta y en el área aparente de la vellosidad. El promedio más alto para la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta se presentó en el tratamiento Levapan® (9,90) y el promedio más bajo para la levadura Nativa 2 (5,72), los promedios para el Control, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3 fueron similares entre sí y con respecto a los presentados para Levapan® y Levadura Nativa 2. Los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron las levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron una relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta mayor, con una diferencia estimada de (2.17) ($P < 0.0123$) (**Tabla 6.2.**).

En relación al área aparente de la vellosidad, el promedio mas alto se presentó en los grupos que recibieron Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3 (0,59 y 0,65, respectivamente) y el valor promedio mas bajo fue observado en el grupo que recibió Levadura Nativa 2 (0,41). Los promedios para el Control, Levapan® y AB vista®, fueron similares entre si y con respecto a los grupos que recibieron las levaduras Nativas (1, 2 y 3).

Tabla 6.2. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento duodeno de pollos de engorde machos a los 22 días de edad.

Tratamiento	Duodeno			
	Vellosidad (µm)	Cripta (µm)	V:C	Area Aparente (µm ²)
Control	1419,72	244,61	6,09 ab	0,56 ab
Levapan®	1451,44	160,43	9,90 a	0,58 ab
AB vista®	1380,52	209,19	6,82 ab	0,50 ab
Levadura Nativa 1	1401,29	230,63	6,21 ab	0,59 a
Levadura Nativa 2	1200,54	215,85	5,72 b	0,41 b
Levadura Nativa 3	1496,39	229,88	6,64 ab	0,65 a
Significancia	ns	*	**	***
Error est. Media ¹	116,12	30,40	1,40	0,06
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0.6546	0.0903	0.2960	0.6792
Comerciales vs Nativas	0.4307	0.0261	0.0123	0.7308
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	33,69	35,41	-0,97	0,02
Comerciales vs Nativas	49,91	-40,64	2,17	-0,01

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras sobre parámetros morfométricos del yeyuno a los 22 días de edad, se muestra en la **Tabla 6.3**. Diferencias significativas ($P < 0.05$) en la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta, fueron observadas, el promedio mas alto para la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta se observo en el grupo levadura Nativa 3 (7,08). Los valores promedios para los tratamientos Control, Levapan®, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 2, fueron similares entres si ($P > 0.05$). Los pollos control comparados con los pollos levaduras presentaron una relación de altura de la vellosidad:profundidad de la cripta menor, con una

diferencia estimada de (1,10) ($P < 0.0034$) (**Tabla 6.3.**). Los pollos con levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos con levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron una relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta menor, con una diferencia estimada de (1,16) ($P < 0.001$) (**Tabla 6.3.**).

Tabla 6.3. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento yeyuno de pollos de engorde machos a los 22 días de edad.

Tratamiento	Yeyuno			
	Vellosidad (μm)	Cripta (μm)	V:C	Area Aparente (μm^2)
Control	802,14	183,48	4,47 b	0,30
Levapan®	803,04	163,57	5,03 b	0,29
AB vista®	948,43	206,63	4,71 b	0,33
Levadura Nativa 1	1020,77	193,14	5,45 b	0,37
Levadura Nativa 2	1053,01	194,67	5,56 b	0,37
Levadura Nativa 3	804,38	119,44	7,08 a	0,32
Significancia	ns	*	***	ns
Error est. Media ¹	157,68	35,29	0,48	0,08
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0.2382	0.7268	0.0034	0.4913
Comerciales vs Nativas	0.3340	0.4061	0.0006	0.3352
Parámetro	Diferencia Estimada			
Control vs Levaduras	-123,79	7,98	-1,10	-0,04
Comerciales vs Nativas	-83,65	16,02	-1,16	-0,04

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras sobre parámetros morfométricos del ileon a los 22 días de edad, se muestra en la **Tabla 6.4.** No se presentaron diferencias significativas en las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Tabla 5.4. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre la morfología del segmento ileon de pollos de engorde machos a los 22 días de edad.

Tratamiento	Ileon			
	Veliosidad (μm)	Cripta (μm)	V:C	Area Aparente (μm^2)
Control	540,69	131,56	4,15	0,21
Levapan®	631,04	135,67	4,64	0,22
AB vista®	670,01	181,13	3,87	0,22
Levadura Nativa 1	631,97	130,99	4,89	0,21
Levadura Nativa 2	642,97	183,97	3,62	0,24
Levadura Nativa 3	623,51	138,01	4,83	0,23
Significancia	ns	ns	ns	ns
Error est. Media ¹	128,35	31,25	0,79	0,04
Contrastes	Probabilidad			
Control vs Levaduras	0.2451	0.2794	0.6613	0.5299
Comerciales vs Nativas	0.7980	0.6607	0.6501	0.7182

a, b, c, d, Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

Productos de la microflora del ciego y pH de la digesta cecal

El efecto de la inclusión de levaduras a los 8 días de edad, sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico), se muestra en la **Tabla 6.5**. Se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) en el valor de pH y contenido de Isobutírico. El promedio de pH del contenido cecal fue mas alto en el grupo levadura Nativa 2 (6,66), el cual difirió de los grupos: Control, Levapan®, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3, ($P < 0.05$), los cuales fueron similares entre si. Los pollos con inclusión de levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron las levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron un menor valor de pH del contenido cecal, con una diferencia estimada de (0,30) ($P < 0.05$) (**Tabla 6.5**).

En relación al contenido de ácido Isobutírico a nivel cecal, los promedios mas altos se observan en los grupos que recibieron AB vista® y Levadura Nativa 2 (0,15 y 0,16 mmol/ml respectivamente). Los pollos que recibieron la dieta control, comparados con los pollos con levaduras presentaron un menor contenido de ácido Isobutírico, con una diferencia estimada de (0,03 mmol/ml). ($P < 0.017$) (**Tabla 6.5**).

Tabla 6.5. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 8 días de edad

Tratamiento	Día 8				
	pH	Acético (mmol/ml)	Propiónico (mmol/ml)	Butírico (mmol/ml)	Isobutírico (mmol/ml)
Control	6,00 b	15,09	0,95	2,58	0,09 b
Levapan®	5,88 b	19,66	1,02	3,59	0,09 b
AB vista®	6,10 b	16,17	1,00	2,30	0,15 a
Levadura Nativa 1	6,08 b	19,33	0,89	3,13	0,12 ab
Levadura Nativa 2	6,66 a	18,86	1,47	2,64	0,16 a
Levadura Nativa 3	6,14 b	19,75	1,02	3,02	0,08 b
Significancia	***	ns	*	ns	***
Error est. Media ¹	0,18	3,47	0,23	0,74	0,02
Contrastes	Probabilidad				
Control vs Levaduras	0,146	0,119	0,377	0,455	0,017
Comerciales vs Nativas	0,007	0,459	0,370	0,980	0,703
Parámetro	Diferencia Estimada				
Control vs Levaduras	-0,17	-3,67	-0,13	-0,36	-0,03
Comerciales vs Nativas	-0,30	-1,40	-0,11	0,01	0,00

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras a los 15 días de edad, sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico), se muestra en la **Tabla 6.6**. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el valor de pH y contenido de ácido acético a nivel cecal, y el valor promedio de pH del contenido cecal mas alto fue para el grupo Levadura Nativa 2 (6.55), el cual difirió de Levapan® y Levadura Nativa 1 (5.80 y 5.76 respectivamente) ($P < 0.05$), estos muestran valores similares entre si ($P > 0.05$).

En relación al contenido de ácido acético a nivel cecal, el promedio más alto se presentó en las aves que recibieron Levadura Nativa 3 (24.30 mmol/ml), el cual difirió estadísticamente de AB vista® y Levadura Nativa 1 (12.89 y 14.42

mmol/ml respectivamente) ($P < 0.05$), estos muestran valores similares entre si ($P > 0.05$). Los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron un menor contenido de ácido acético, con una diferencia estimada de (3,99 mmol/ml) ($P < 0.034$) (**Tabla 6.6.**).

Tabla 6.6. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 15 días de edad

Tratamiento	Día 15				
	pH	Acético (mmol/ml)	Propiónico (mmol/ml)	Butírico (mmol/ml)	Isobutírico (mmol/ml)
Control	5.97 ab	19.26 ab	1.27	5.71	0.10
Levapan®	5.80 b	17.24 ab	1.38	5.11	0.09
AB vista®	5.98 ab	12.89 b	0.96	3.93	0.12
Levadura Nativa 1	5.76 b	14.42 b	1.00	3.73	0.06
Levadura Nativa 2	6.55 a	18.44 ab	1.26	4.61	0.12
Levadura Nativa 3	6.06 ab	24.30 a	1.39	4.78	0.14
Significancia	**	**	ns	ns	ns
Error est. Media ¹	0,23	3,16	0,28	1,01	0,03
Contrastes	Probabilidad				
Control vs Levaduras	0,661	0,384	0,683	0,068	0,775
Comerciales vs Nativas	0,077	0,034	0,770	0,784	0,782
Parámetro	Diferencia Estimada				
Control vs Levaduras	-0,07	1,81	0,07	1,28	-0,01
Comerciales vs Nativas	-0,23	-3,99	-0,04	0,15	-0,01

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

El efecto de la inclusión de levaduras a los 22 días de edad, sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico), se muestra en la **Tabla 6.7.** Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el valor de pH y contenido de ácidos Butírico e Isobutírico a nivel cecal. El valor promedio de pH del contenido cecal fue mas alto en el tratamiento Levadura Nativa 1 (7.03), el cual

difirió del valor encontrado para la Levadura Nativa 2 (6.12) ($P < 0.05$) (**Tabla 6.7.**).

En relación al contenido de ácido Butírico a nivel cecal, el valor promedio mas alto se presentó en el grupo que recibió AB vista® (6.76 mmol/ml), el cual difirió del tratamiento Levapan® (3.80 mmol/ml) ($P < 0.05$).

Los pollos que recibieron la dieta control, comparados con los pollos que recibieron levaduras presentaron menor contenido de ácido Isobutírico, con una diferencia estimada de (0,08 mmol/ml) ($P < 0.001$). En contraste, los pollos que recibieron levaduras comerciales (Levapan® y AB vista®) comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas (1, 2 y 3) presentaron mayor contenido de ácido Isobutírico, con una diferencia estimada de (0,04 mmol/ml) ($P < 0.0034$) (**Tabla 6.7.**).

Tabla 6.7. Efecto de la inclusión de levaduras comerciales y nativas sobre el pH de la digesta del ciego y los productos de la microflora a nivel cecal (ácido grasos volátiles acético, propiónico, Isobutírico y butírico) de pollos de engorde machos a los 22 días de edad

Tratamiento	Día 22				
	pH	Acético (mmol/ml)	Propiónico (mmol/ml)	Butírico (mmol/ml)	Isobutírico (mmol/ml)
Control	6.63 ab	18.24	1.32	4.42 ab	0.12 b
Levapan®	6.71 ab	18.04	1.75	3.80 b	0.21 ab
AB vista®	6.53 ab	22.43	2.50	6.76 a	0.22 ab
Levadura Nativa 1	7.03 a	23.69	1.63	4.52 ab	0.17 ab
Levadura Nativa 2	6.12 b	18.78	1.86	5.78 ab	0.17 a
Levadura Nativa 3	6.55 ab	22.58	2.04	5.75 ab	0.19 a
Significancia	***	ns	*	**	***
Error est. Media [†]	0,27	3,84	0,52	1,17	0,03
Contrastes	Probabilidad				
Control vs Levaduras	0,782	0,189	0,038	0,180	0,001
Comerciales vs Nativas	0,652	0,419	0,249	0,894	0,034
Parámetro	Diferencia Estimada				
Control vs Levaduras	0,04	-2,87	-0,64	-0,90	-0,08
Comerciales vs Nativas	0,06	-1,45	0,28	-0,07	0,04

a, b, c, d. Dentro de una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente $P < 0.05$; ns= $P > 0.05$

6.5. Discusión

En este estudio, el efecto de la inclusión de levaduras sobre el contenido de AGVS del ciego y la morfoformetría intestinal a los 22 de edad, muestra que en los pollos del grupo control comparado con los grupos que recibieron levaduras, las criptas fueron mas profundas tanto en el segmento duodeno como el yeyuno, además, en este grupo se observaron los contenidos mas bajos de los ácidos propiónico e isobutírico. Las diferencias estimadas a favor de la inclusión de levaduras fueron para la profundidad de la cripta en duodeno y yeyuno de 35 μm y 8 μm , respectivamente. Y para la relación vellosidad cripta en duodeno y yeyuno de -0.97 y -1.1, respectivamente. Las diferencias para los ácidos propiónico e isobutírico, fueron de 0.64 mmol/ml y de 0.08 mmol/ml, respectivamente.

Cambios en la morfología intestinal tales como: vellosidades más cortas y criptas más profundas han sido asociados con la presencia de toxinas (Yason et al., 1987). Una vellosidad corta disminuye la superficie de absorción de nutrientes. Un alargamiento de la vellosidad indica una rápida reconversión del tejido, y una alta demanda por nuevos tejidos (Yason et al., 1987). Muchos investigadores encuentran una estrecha correlación entre la profundidad de la cripta y las tasas de proliferación de células epiteliales (Hampson, 1986; Jin, et al., 1994; Brunsgaard, 1998; Yasar y Forbes, 1999). Además, el número de proliferaciones y el recambio celular epitelial tienen un gran impacto sobre los requerimientos de proteína y energía de la mucosa del intestino delgado (Simon, 1989).

Zhang et al., (2005) en su estudio, observaron alturas de las vellosidades más altas en aves suplementadas con levaduras y pared celular de levaduras. Similarmente, Santin, et al., 2001, encontraron aumentos en la altura de las vellosidades en los diferentes segmentos intestinales en pollos suplementados con 0.2% de paredes celulares de *S. cerevisiae*. Sugiriendo que las paredes

celulares de levadura pueden tener un efecto trófico indirecto en la mucosa intestinal. Bradley, et al., 1994, encontraron reducciones en el número de células caliciformes y en la profundidad de la cripta en la mucosa del ileal, cuando los pollos eran suplementados con *S. cerevisiae*, sugiriendo que el uso de *S. cerevisiae* reduce condiciones de estrés en la mucosa intestinal, causadas por bacterias o por toxinas.

Kubena, et al., 2001., utilizaron un producto de exclusión competitiva, para reducir los efectos de las micotoxinas en pollos desafiados, encontrando que en las aves que no fueron suplementadas con el aditivo funcional, se presentaron bajos contenidos de ácido propiónico en el ciego, reduciéndose la resistencia a la colonización de *Salmonella spp.*. En este sentido, Barnes et al. (1980) informaron que las concentraciones AGV cecales son indicadores de crecimiento de la microflora anaerobio. Nisbet, et al., (1994, 1996) y Corrier et al. (1995) demostraron una correlación entre la concentración cecal del ácido propiónico en pollos de 3 días de edad, con el establecimiento de microflora del cecal anaerobio y la protección contra la colonización por *Salmonella typhimurium*. Igualmente, Nisbet et al. (1996), observaron una protección significativa con 7.5 μmol por gramo de contenido cecal de ácido propiónico, contra *Salmonella spp.*

Paul, et al., 2000, determinaron concentraciones de ácido acético propiónico y butírico en pollos de 15 días de edad de 26.3, 0.9 y 5.0 mmol/g de digesta, respectivamente, en dietas suplementadas con MOS. Comentan, que las concentraciones altas de ácidos grasos volátiles son indicativas de importantes fermentaciones por parte de bacterias anaeróbicas estrictas.

Muchos investigadores muestran cómo la levadura en cervecería mejora la eficacia del sistema inmune, incrementan la salud en el lumen intestinal y mejora la digestión y absorción de nutrientes, lo cual en conjunto responde a un mejor comportamiento del pollo de engorde (Valdivie, 1975; Oyofe et al., 1989; Newman, 1994; Spring et al., 2000). Estos desarrollos pueden detectarse desde

la primera semana de vida pollos que engorde machos (Santin et al., 2001). Por otra parte, los factores involucrados en la integralidad del intestino, tienen consecuencias importantes para la eficiencia alimenticia, debido que la capacidad de la absorción de nutrientes da cada segmento del intestino, es proporcional al número de vellosidades presentes, así como del tamaño y área de la superficie disponible para la absorción (Pelicano, et al., 2003).

En relación al crecimiento alométrico del sistema digestivo de los pollos, las diferencias significativas encontradas señalan que la inclusión de levaduras tiene un efecto sobre la dinámica del TGI. Según Morisset, 1993, la regulación del crecimiento de la mucosa del TGI es única y compleja. Los órganos de este sistema no solo están influenciados por hormonas como la insulina, somatotropina, tiroxina y los glucocorticoides, sino que existen otros factores como la ingestión de alimento y el efecto de las características químicas y físicas del quimo al encontrarse en el lumen del intestino.

Se observó a lo largo del periodo experimental, que el peso relativo de la molleja con respecto al TGI en los pollos que recibieron las levaduras Levapan® y levadura nativa 1, fue mas alto, comparado con los pollos que recibieron los restantes tratamientos. En este sentido, Zubair y col, 1994, Govaerts, 2000 y Romero, 2004, encontraron pesos mayores de la molleja en pollos sometidos a restricción, comparados con los alimentados a voluntad, según los investigadores, estos pesos mas altos de la molleja, ilustran la teoría de repartición de nutrientes en el ave, a favor de suplir los órganos con estructura muscular (órganos de demanda) cuando son sometidas a la restricción (Nitsan, 1991).

Con respecto al segmento duodeno, en este estudio se observó una disminución en el peso relativo de este segmento a lo largo del estudio, en todos los grupos experimentales, esto confirma la hipótesis de Lilja, 1983, que explica que el intestino delgado es un órgano de oferta y durante el periodo de crecimiento,

diminuye su peso para dar prioridad a órganos de demanda como los músculos. Contrariamente, en el segmento ileon, se observó un aumento del peso relativo, y en este sentido, Pekas, (1993) sugiere aumentos en el peso relativo del ileon por la estimulación mecánica provocada por el consumo de alimento.

Entre los sistemas de mas rápido crecimiento, se encuentra el TGI, en donde el intestino llega a su máximo desarrollo entre los tres a siete días de edad, para posteriormente declinar rápidamente (Berti, 2003). Aumentos de pesos relativos del intestino de las aves se relacionan con el incremento en la viscosidad de la digesta, movilidad intestinal reducida y aumento de la actividad microbiana que estimula el crecimiento del tejido intestinal (Brenes et al., 2002).

Diferencias en peso de los órganos viscerales del TGI pueden ser parcialmente explicadas a través los mecanismos que subyacen en la respuesta global a factores nutricionales y a la suplementación de aditivos funcionales. Existen controversias acerca del efecto de este tipo de suplementaciones sobre el desarrollo de los órganos viscerales. La flexibilidad de esta expresión durante la fase de crecimiento revela que los pollos tratan de incrementar su potencial de digestión y absorción.

6.6. Conclusión

La dinámica de la altura de la vellosidad del duodeno, no muestra diferencias entre los grupos experimentales. La dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del duodeno, a los 8 días de edad, muestra que el Control y Levapan® fueron mas altos (6.58 y 6.62, respectivamente) comparado a los valores promedio de los pollos que recibieron levadura nativa 2 . A los 8 días de edad, el valor promedio de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del yeyuno, de los pollos que recibieron Levadura nativa 3 fue mas alto (5.2) que el valor promedio del Control (3.2).

El efecto de la inclusión de levaduras sobre parámetros morfométricos del duodeno a los 22 días de edad, muestra que el promedio mas alto para la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta en el tratamiento Levapan® (9,90) y el promedio mas bajo para la levadura Nativa 2 (5,72), los promedios para el Control, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3 fueron similares entres si y con respecto a los presentados para Levapan® y Levadura Nativa 2. Los pollos que recibieron levaduras comerciales comparados con los pollos que recibieron las levaduras nativas, fueron diferentes y presentaron una diferencia estimada de (2.17).

El promedio de pH del contenido cecal fue mas alto a los 8 días de edad, en el grupo levadura Nativa 2 (6,66), el cual difirió de los grupos: Control, Levapan®, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3. Los pollos con inclusión de levaduras comerciales comparados con los pollos con levaduras nativas presentaron un menor valor de pH del contenido cecal, con una diferencia estimada de (0,30).

El efecto de la inclusión de levaduras a los 22 días de edad, sobre el pH de la digesta del ciego muestra que el valor promedio de pH del contenido cecal fue más alto en el tratamiento Levadura Nativa 1 (7.03), el cual difirió del valor encontrado para la Levadura Nativa 2 (6.12).

6.7. Bibliografía

Apajalahti, J., Kettunen, A., y Graham, H. 2004. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poultry Science Association*. 60:223-232.

Bakutis, B., Algimantas, V. 2005. Use of biological method for detoxification of mycotoxins. *Botanica Lithuanica Suppl.* 7: 123-129

Barnes, E.M. 1977. Ecological concepts of the anaerobic flora in the avian intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 30:1793-1798.

Berti, J. O. 2003. Efeito de diferentes carboidratos na ração preinicial de frangos de corte o desempenho e a alometria dos órgãos. Tesis de M. Sc. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Sao Pablo (Brasil).

Bradley, G.L., T.F. Savage and K.I. Timm, 1994. The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on male poult performance and ileal morphol. Poultry Sci., 73: 1766-1770.

Brenes, A., Marquardt, R. R., Guenter, W. and Viveros, A., 2002. Effect of enzyme addition on the performance and gastrintestinal tract size of chicks fed lupin seed and their fractions. Poultry Science 81: 670-678

Choct, M. 1999. Soluble non-starch polysaccharides affect net utilisation of energy by chickens. recent advances in animal nutrition in Australia. 12: 31-35.

Chumpawadee, S., Chinrasri, O., Somchan, T., Ngamluan S. and Sirilak, S. 2008. Effect of Dietary Inclusion of Cassava Yeast as Probiotic Source on Growth Performance, Small Intestine (Ileum) Morphology and Carcass Characteristic in Broilers International

Churchil, R., Mohan, B. y Viswanathan, K. 2000. Effect of supplementation broilers rations with live yeast culture Cheiron 29 (1-2): 23-27.

Corpoica, 2004. Desarrollo de productos derivados de la fermentación de levaduras para mejorar la eficiencia nutricional en monogástricos y/o rumiantes en condiciones tropicales. Proyecto Colciencias - Universidad Nacional de Colombia

Corrier, D.E., Hinton, A. Jr., Ziprin, R.L., Beiber, R.C., y DeLoach, J.R. 1990. Effect of dietary lactose on cecal pH, bacteriostatic volatile fatty acids, and salmonella typhimurium colonization of broiler chicks. Avian Diseases. 34:617-625.

Cruickshank, G. 2002. Gut microflora the key healthy broiler growing. Poultry World 156 (156);14.

Cuaron, I. J. A. 2000. Influencia de las levaduras en la dieta, respuesta microbiológica antagonista. Simposio sobre aditivos alimenticios alternativos en la nutrición animal, Campinas SP.

Dawson, K.A. 1994. Manipulation of microorganisms in the digestive tract: The role of oligosaccharides and diet specific yeast cultures. California Nutrition Conference for feed Manufacturers.

Different Dietary Fatty Acid Profiles. Poultry Science 81:1533-1542

Ferket, P.R. 2002. Use of oligosaccharides and gut modifiers as replacements for dietary antibiotics. Proc. 63 Rd Minnesota Nutrition Conference, September 17-18, Eagan, MN, pp 169-182.

Fernandez, F., Hinton, M., y Van Gils, B. 2002. Dietary mannan-oligosaccharides and their effect on chicken caecal microflora in relation to Salmonella Enteritidis colonization. Avian Pathology. 31:49-58.

Goverts, T. Room, J. 2000. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. Poultry Science 41: 355-362.

Hinton, A.Jr., Corrier, D.E., Spates, G.E., Norman, J.O., Ziprin, R.L., Beier, R.C. y DeLoach, J.R. 1990. Biological control of Salmonella typhimurium in young chickens. Vol. 34 (3):626-633.

Hughes, B. Diet-induced changes in the gut microflora in broiler chickens. Proceedings of the Australian Poultry science Symposium. 17: 88-92

Hughes, R.J. 2003. Energy Metabolism Of Chickens. Physiological Limitations. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Australia.

Lilja, C. 1983. A comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds. Growth, 47: 317-339.

Morisset, J. 1993. Regulation of growth and development of the gastrointestinal tract. Journal of Dairy Science. 76: 2080-2093.

National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9 th, Rev. edition Nat. Acad. Press, Washington, DC.

Nitsan, Z., Ben -Avraham, G., Zoref, Z., and Nir, I. 1991. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching British Poultry Science 32: 515-523.

Pekas, J. C. 1983. Morphometric response of the intestine to feed restriction schedules in young swine. Physiologist, 26:A 117.

Pelicano, E.R.L., Alves, P., Alves, H.B., Oba, A., Norkus, E. A., Kodawara, L. M., Azevedo, T. M. 2003. Morfometria e Ultra-Estrutura da Mucosa Intestinal de Frangos de Corte alimentados com Dietas contendo diferentes Prebióticos. Rev. Port. Cienc. Vet. 98 (547) 125-134

Romero, H. 1998. Efecto de dos sistemas de restricción alimenticia sobre el crecimiento alométrico, balance energético y proteico y síndrome ascítico en pollos de engorde. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia.

Romero, T. 2004. Comparación del crecimiento alométrico del sistema digestivo en pollos de engorde restringidos. Tesis MVZ. Universidad Nacional de Colombia

SAS. 2002. Statistical Analysis System Institute Inc. SAS/STAT. Version 8. Cary. NC. Users guide statical análisis system. Institute, Inc. Cory, W.C.

Zubair, A. and Leeson, S. 1994. Effect of early feed restriction and realimentation on heat production and changes in sizes of digestive organs of male broilers. Poultry Science 73: 529-538

7. Conclusiones y Recomendaciones

El consumo de alimento durante el estudio completo no fue afectado por la inclusión de levaduras. Sin embargo, los pollos que recibieron levaduras comerciales, comparados con los pollos que recibieron levaduras nativas consumieron menos alimento (-169 g).

La ganancia de peso corporal acumulada (g/ave) fue afectada por la inclusión de levaduras. Los promedios mas altos se presentaron en los grupos que recibieron la Levadura Nativa 2 y Levadura Nativa 3 (1654 y 1654 g respectivamente) y el valor promedio mas bajo fue para el grupo control (1460 g). Los promedios en los tratamientos Levapan®, AB vista® y Levadura Nativa 1, presentaron valores intermedios.

Los pollos que recibieron las levaduras comerciales, comparados con los pollos de las levaduras nativas, ganaron menos peso durante el periodo experimental (99 g/ave). En conjunto fueron superiores al control favoreciendo la inclusión de las levaduras nativas.

La eficiencia alimenticia y conversión alimenticia, no fue afectada por la inclusión de levaduras. Sin embargo, los pollos que recibieron levaduras presentaron una mejor eficiencia y conversión alimenticia (+3,90 % y -0.11, respectivamente), comparados con el grupos sin suplementar.

Fueron observadas diferencias significativas en peso en canal y cantidad relativa de pechuga para los pollos que recibieron la dieta control comparados con los pollos que recibieron levaduras, los cuales muestran un menor peso en en canal, con una diferencia estimada de: 159 g/ave. En este contexto la cantidad relativa de rabadilla, posiblemente fue favorecida por la suplementación de levaduras con una diferencia estimada de 1.5%.

Fueron observadas diferencias significativas, en la fuerza de corte de la pechuga o terneza de la carne, para los pollos que recibieron Levadura Nativa 3, los cuales presentaron una carne más dura (3,72 Kg F) comparada con los pollos con Levadura Nativa 2 (2,29 Kg F). Los pollos que recibieron levaduras comerciales, comparados con los pollos que recibieron las levaduras nativas, la fracción de la pierna perdió mas agua por cocción, en términos de porcentaje (diferencia estimada fue de 8,79 %).

El recuento de heterófilos, cantidad relativa de linfocitos y la relación heterófilos: linfocitos fue afectada por la inclusión de levaduras. Los pollos que recibieron levaduras comerciales, comparados con las levaduras nativas, presentaron mayor número de heterófilos/ul, con una diferencia estimada de 9.6 (cel/ul). En contraste con la relación heterófilos: linfocitos, cuyos valores promedio mas bajos para las levaduras nativas.

La relación ventrículo derecho/ventrículo total, mostró que los pollos que recibieron la dieta Control y los pollos que recibieron Levaduras, muestran una diferencia estimada de 0.06, a favor del Control. Los valores promedio mas altos fueron observados en los grupos que recibieron levaduras nativas. En las frecuencias relativas, los pollos de levadura comercial Levapan® tuvieron más riesgo relativo de desarrollar hipertrofia ventricular severa, comparado con los pollos con levadura comercial AB vista® o Levadura Nativa 1.

El costo del kilogramo de pollo en pie del grupo control fue \$1550 mayor que el costo del kilogramo de pollo en pie de pollos con levaduras. El análisis de los ingresos (INPP), (IPC) y (IPPF), muestra que estos fueron menores en los pollos control comparado con los pollos con inclusión de levaduras, con diferencias estimadas de \$562 para el (INPP), \$727 para el (IPC) y de \$602 para el (IPPF) a favor de la inclusión de levaduras.

Los valores de la EMA y EMAn fueron mas altos para el control comparado con las levaduras, con diferencias estimadas de (165 Kcal/kg para la EMA) y (149 Kcal/kg para la EMAn). Sobresale la levadura 1 con una mayor ingestión de EMA y EMAn (876 y 871 kcal/PC^{0.75}/día, respectivamente).

La metabolizabilidad de la dieta fue mejor en 2% en los pollos no suplementados con levaduras. Los pollos que recibieron levaduras comerciales presentaron mayor retención de energía comparado con las levaduras nativas, con una diferencia estimada de 15 kcal/PC^{0.75}/día. La retención promedio de energía como proteína fue mas alta para los pollos no suplementados (con una diferencia estimada de 7.2 kcal/PC^{0.75}/día).

La dinámica de la altura de la vellosidad del duodeno, no muestra diferencias entre los grupos experimentales. La dinámica de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del duodeno, a los 8 días de edad, muestra que el Control y Levapan® fueron mas altos (6.58 y 6.62, respectivamente) comparado a los valores promedio de los pollos que recibieron levadura nativa 2 . A los 8 días de edad, el valor promedio de la relación altura de la vellosidad vs. profundidad de la cripta del yeyuno, de los pollos que recibieron Levadura nativa 3 fue mas alto (5.2) que el valor promedio del Control (3.2).

El efecto de la inclusión de levaduras sobre parámetros morfométricos del duodeno a los 22 días de edad, muestra que el promedio mas alto para la relación de altura de la vellosidad: profundidad de la cripta en el tratamiento Levapan® (9,90) y el promedio mas bajo para la levadura Nativa 2 (5,72), los promedios para el Control, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3 fueron similares entres si y con respecto a los presentados para Levapan® y Levadura Nativa 2. Los pollos que recibieron levaduras comerciales comparados con los pollos que recibieron las levaduras nativas, fueron diferentes y presentaron una diferencia estimada de (2.17).

El promedio de pH del contenido cecal fue mas alto a los 8 días de edad, en el grupo levadura Nativa 2 (6,66), el cual difirió de los grupos: Control, Levapan®, AB vista®, Levadura Nativa 1 y Levadura Nativa 3. Los pollos con inclusión de levaduras comerciales comparados con los pollos con levaduras nativas presentaron un menor valor de pH del contenido cecal, con una diferencia estimada de (0,30).

El efecto de la inclusión de levaduras a los 22 días de edad, sobre el pH de la digesta del ciego muestra que el valor promedio de pH del contenido cecal fue más alto en el tratamiento Levadura Nativa 1 (7.03), el cual difirió del valor encontrado para la Levadura Nativa 2 (6.12).

Los resultados de este estudio fueron promisorios, y permiten recomendar a las levaduras como aditivos funcionales para ser probados en el diseño y formulación de un producto alternativo a los antibióticos promotores de crecimiento, una vez se alcancen los niveles adecuados de producción de biomasa, los cuales deben ser comparables con los productos comerciales.

Se recomienda formular una segunda fase del proyecto que permita diseñar un producto o una serie de productos (paredes celulares, levaduras enriquecidas con minerales) que en procesos de optimización en la formulación comercial de alimentos para aves, inicialmente puedan ser pre-escalados para después ser patentados y desarrollados en procesos de escalamiento a nivel comercial.