

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS

INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

INCLUSIÓN DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS
PARA POLLOS

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

JESÚS MEDINA GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MÉXICO. OCTUBRE 2021.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y PECUARIAS

INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

INCLUSIÓN DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS
PARA POLLOS

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

JESÚS MEDINA GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

CODIRECTOR DE TESIS

MARCOS PÉREZ SATO

ASESOR

DR. EDGAR VALENCIA FRANCO

TLATLAUQUITEPEC, PUEBLA, MÉXICO. OCTUBRE 2021.

La presente tesis titulada: "INCLUSIÓN DE LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae* EN DIETAS PARA POLLOS" realizado por **Jesús Medina González**, ha sido revisado y aprobado por el siguiente consejo particular:

Licenciado en Ingeniería Agronómica y Zootecnia

Facultad De Ciencias Agrícolas Y Pecuarias

Consejo particular formado por:

Firma

Director: Dr. Eutiquio Soní Guillermo

Codirector: Dr. Marcos Pérez Sato

Asesor: Dr. Edgar Valencia Franco

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Octubre 2021

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico denominado: "**Producción pecuaria integral**" y de la línea de investigación: "**Producción integral de rumiantes y no rumiantes**".

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pagina
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	6
II. OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	7
III. HIPÓTESIS	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	9
4.1 Situación de la avicultura en el mundo.....	9
4.2 Situación de la avicultura en México	10
4.3 Situación de la avicultura en el estado de Puebla.....	12
4.4 Principales líneas genéticas de pollos de engorda usadas en México.....	12
4.5 Requerimientos nutricionales del pollo de engorde	14
4.6 Requerimientos de aminoácidos	18
4.7 Aditivos en la avicultura: enzimas, prebióticos y probióticos.....	21
4.8 Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	25
4.9 Estructura de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	26

4.10 Composición química de la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28
4.11 Tipos de levadura.....	29
4.12 Mecanismos de acción.....	30
4.13 Uso de levadura en dieta para pollos de engorde.....	31
4.14 Oligosacáridos: mánanos y β -glucanos.....	32
4.15 Oligosacáridos en tracto digestivo.....	32
4.16 Mánanos.....	33
4.17 Características de los mánanos oligosacáridos.....	34
4.18 β -Glucanos.....	35
4.19 Características de los β -Glucanos.....	35
4.20 Mecanismos de acción de los β -Glucanos.....	37
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1 Localización.....	39
5.3 Dietas experimentales.....	41
5.4 Variables evaluadas.....	44
5.5 Análisis económico.....	45
5.6 Análisis estadístico.....	46
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
6.1 Consumo de alimento.....	47
6.2 Ganancia de peso.....	49
6.3 Conversión alimenticia.....	51
6.4 Análisis económico de las dietas utilizadas para la engorda de pollos con diferentes porcentajes de inclusión de levadura.....	53

VII. CONCLUSIÓN	58
LITERATURA CITADA	59
VII. ANEXOS	68

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido

Cuadro 1. Principales requerimientos nutricionales para pollos de engorde.....	15
Cuadro 2. Niveles de energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC) y lisina total (%) recomendados y reportados para obtener la máxima ganancia de peso en pollos de engorda...	17
Cuadro 3. Dietas experimentales para pollos de engorde en etapa de iniciación con diferentes niveles de levadura disponibles en la dieta %.	42
Cuadro 4. Dietas experimentales para pollos de engorde en etapa de finalización con diferentes niveles de levadura disponibles en la dieta %.	43
Cuadro 5. Consumo de alimento promedio semanal (g animal-1) en las etapas de iniciación-finalización.	48
Cuadro 6. Ganancia de peso promedio (g animal-1) en pollos de engorde en dos diferentes etapas.	50
Cuadro 7. Conversión alimenticia de pollos de engorda en dos diferentes etapas.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.	39
--	----

RESUMEN

El uso de levaduras en la nutrición de animales monogástricos ha cautivado la intención de estudio de varios científicos a lo largo de los años. La adición de probióticos está íntimamente relacionada con una mejora del estado de salud del ave, siendo considerados como biorreguladores del tracto intestinal, con acción preventiva o curativa. La presente tesis tuvo como finalidad evaluar la inclusión de tres niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dietas para pollos en etapas de iniciación y finalización. Se utilizaron 90 pollos de cinco días de nacidos, los cuales se distribuyeron en un diseño totalmente al azar, con 3 tratamientos y con 30 repeticiones cada una, los tratamientos fueron: T1= dieta basal + 2.5%); T2=dieta basal + 3% de levadura y T3 =dieta basal + 3.5 % de levadura. Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($P>0.05$) con los diferentes niveles de levadura en dietas para pollos en las variables productivas consumo de alimento, ganancia de peso Y conversión alimenticia. Por lo que se concluye que en este experimento no hubo efecto de levadura en el comportamiento productivo, sin embargo, el tratamiento que mostro mejor respuesta fue el T3.

ABSTRACT

The use of yeast in the feeding of monogastric animals has aroused the interest of several researchers in recently years. The addition of probiotics is closely related to an improvement in the health of the chicken, being considered as bioregulators of the intestinal tract, with preventive or curative action. The present investigation aimed to evaluate the inclusion of three levels of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* in diets for chickens in the initiation and completion stages. Ninety chickens of five-day-old were used, which were distributed in a completely random design in three treatments, with thirty repetitions each one, the treatments were: T1 = basal diet + 2.5% yeast); T2 = basal diet + 3% yeast and T3 = basal diet + 3.5% yeast. The results show that there were no significant differences between the treatments ($P > 0.05$) with the different levels of yeast in chicken diets in the productive variables, feed consumption, weight gain and feed conversion.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de la población en el mundo y con ello la demanda de proteínas de origen animal, la avicultura mexicana enfrenta nuevos retos de producción para poder satisfacer la demanda nacional ya que México importó 780 mil toneladas de carne de ave en 2016, último año analizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Durante el año 2017 se contabilizaron cerca de 4 millones de ton. de carne, posicionando esta fuente de proteína como la de mayor producción y consumo a nivel nacional (UNA, 2017) La industria avícola en el país ha tenido una tasa de crecimiento anual del 5%, siendo la nutrición un factor muy importante, puesto que representa aproximadamente el 70% de los costos totales de producción (Cuca *et al.*, 1996). En la actualidad múltiples estudios señalan resultados favorables con el uso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación animal, mejorando procesos digestivos, reforzando el sistema inmune ya que los oligosacáridos se emplean para sustituir antibióticos promovedor de crecimiento, maximizando parámetros productivos y reduciendo la presencia de enfermedades por lo cual se disminuye el rango de mortalidad de los animales potencialmente por presencia de agentes enteropatógenos según (Fooks y Gibson, 2002; Ferket, 2002; Calzadilla *et al.*, 2006; Lillehoj, 2007). Por mencionar algunos de los principales beneficios de los MOS dentro del sistema digestivo del hospedero, forma una membrana viscosa que permeabiliza el intestino delgado, hasta llegar al colon, evitando se adhieran bacterias patógenas al tracto gástrico, evitando el uso de bactericidas químicos, aunado a ello, mejoran la asimilación de nutrientes y los procesos digestivos.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto productivo en la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* a diferentes porcentajes de concentración en dietas para pollos.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analizar consumo de alimento, ganancia de peso conversión y análisis financiero con diferentes niveles de concentración de *Saccharomyces cerevisiae* en dietas para pollos.

III. HIPÓTESIS

El comportamiento productivo de los pollos se verá favorecido en medida que el porcentaje de inclusión de levadura *Saccharomyces cerevisiae* aumente.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Situación de la avicultura en el mundo

Las exportaciones mundiales en 2018 se pronostican un 3% más altas, superando los 11 millones de toneladas. En Estados Unidos se espera que la producción aumente un 2% a un récord de 19 millones de toneladas en 2018 y las exportaciones que aumenten un 3% a casi 3,2 millones de toneladas. EEUU, que ahora no está castigado por la influenza aviar, cuenta con que la mayor producción de carne de pollo está siendo respaldada por el crecimiento doméstico de consumo, el aumento de la demanda de exportaciones a México y mejores envíos a otros mercados. En la misma línea, el consumo de carne de cerves de corral en el país es considerablemente más alto que la carne de bovino o porcino, pero menos que el consumo total de carne roja. Estados Unidos tiene casi el 18% de la producción avícola total exportada (USDA, 2018).

En el plano internacional, nuestro país es actualmente el sexto lugar en producción de pollo, detrás de países como: Estados Unidos (18.6 millones de toneladas, Brasil (13.2 millones de toneladas), China (11.6 millones de toneladas), India (4.4 millones de toneladas) y Rusia 3.9 millones de toneladas (UNA, 2018).

4.2 La avicultura en México

La producción esperada en el país para finales de este año tuvo un aumento del 4% lo que equivale a 6.5 millones de ton. de proteína de origen avícola (pollo, huevo y pavo). Se calcula que la proteína de pollo rebase los 4 millones de ton; mientras que el producto derivado de la gallina sobrepase los 3 millones de ton. Para el guajolote comercial se calculan 10 mil 800 ton, siendo las dos primeras proteínas las de mayor consumo a nivel nacional, el consumo per cápita de proteína de pollo es de 28.5kg. por individuo, mientras que el consumo aparente es aproximadamente 33kg. (UNA, 2018).

Los registros de los sistemas productivos de carne de pollo reflejan un aumento con una tasa anual arriba del 3% y esto solo durante el 2018 se lograron detectar los estados con los niveles más altos, se puede percibir el sureste y centro del país. Gracias a esto se logró llegar a un consumo per cápita de 33kg. En el periodo que comprende el 2017, para el siguiente año, se observó que el consumo per cápita de proteína de pollo superó el estimado de los 34kg por habitante (UNA, 2018)

Durante la década reciente la producción nacional de carne de pollo ha crecido continuamente, ya que se observa aumento en todos los años desde 2006. La perspectiva es favorable para continuar con la tendencia de positiva en los próximos años. En 2015, la participación de la avicultura en la producción pecuaria fue de alrededor del 63 por ciento, con un 34 por ciento neto de carne de pollo, superando la producción de otros productos pecuarios como la carne de res 20 por ciento y de cerdo 14 por ciento (UNA, 2016).

La venta de pollo en México se realiza de la siguiente forma: vivo 33 %, rosticero 26 %, mercado público 19 %, supermercado 15 %, piezas 6 % y productos de valor agregado 4% (INA, 2013).

El consumo nacional aparente de carne de pollo en México entre 2006 y 2015 creció a una tasa media anual de 2.7 por ciento. Para 2016 el consumo se pronostica en un récord de 3.8 millones de toneladas, resultado del aumento en la producción nacional y precios asequibles, lo cual consolida la posición de la carne de pollo como la proteína preferida de los consumidores mexicanos (FIRA, 2018).

Se estima que, aunque los precios no sean tan bajos como en el pasado, la carne de pollo continúa siendo la fuente de proteína animal más accesible, especialmente para los consumidores de bajo y medio ingreso. La demanda por piernas y muslos, así como por la carne mecánicamente separada/deshuesada se mantendrá fuerte; productos que primordialmente se importan. Sin embargo, el aumento del consumo será apoyado principalmente por la expansión de la producción nacional (USDA-FAS, 2016).

El consumo per cápita de proteína de ave en México ha incrementado, entre 2006 y 2015, a una tasa media anual de 1.5 por ciento. Asimismo, se espera que en 2016 el consumo per cápita de carne de pollo se ubique en 32.1 kg, es decir, supera en 14.1 kg al consumo per cápita de carne de cerdo y en 18.0 kg al consumo per cápita de carne de res. Así, para 2016 se espera que el consumo per cápita de carne de pollo en México se ubique en su mayor nivel en la historia reciente del país; en otras palabras, aumentará 0.7 por ciento a tasa anual (SAGARPA-SIAP, 2016).

4.3 Situación de la avicultura en el estado de Puebla

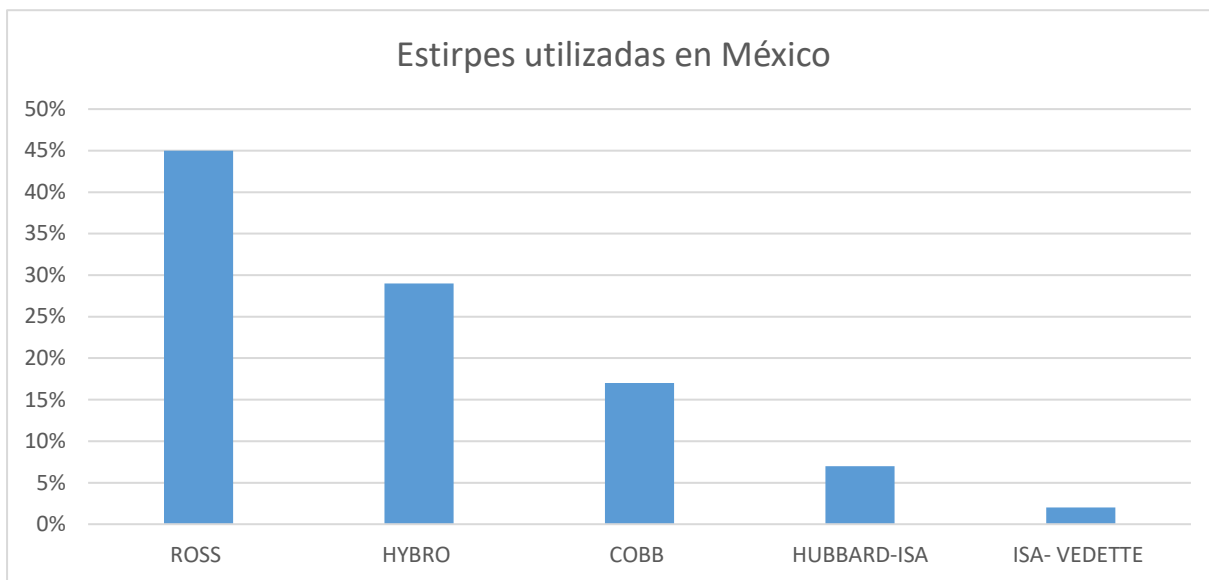
Puebla ocupa el segundo lugar a nivel nacional en producción de huevo con 475 mil 260 kilos anuales y es el quinto productor de pollo con 15 mil 649 kilos al mes, aunado a que el sector se prepara a exportar pollo precocido a Estados Unidos. Los principales productores de pollo y huevo en el estado están organizados en tres asociaciones como son: Puebla, Tecamachalco y la zona de Tehuacán y Ajalpan, aunado a que se cuenta con productores de traspatio, semitecnificados y tecnificados. El presidente de la Junta Directiva de la Unión Nacional de Avicultores (UNA, 2018).

Puebla produce 475 mil toneladas de huevo por año, ubicándose como la segunda entidad con mayor producción en el país, Puebla aporta el 15% de la producción nacional y esto es un activo importante en el desarrollo de la economía. Nacionalmente, la producción diaria es de 118 millones de huevos, los cuales son consumidos por las familias mexicanas. En promedio, cada persona consume 23 kilos de este alimento en su dieta, producto que posee diversos beneficios para la salud (SAGARPA, 2018).

4.4 Principales líneas genéticas de pollos de engorda usadas en México

En la actualidad el potencial genético del pollo, haciendo referencia a su calidad, puede o no, reflejarse según el cuidado y manejo realizados por el productor, si se proporcionan adecuadamente, los rendimientos serán superiores en pollos para su consumo (PABSA, 2018).

La Unión de Avicultores de México en el 2003, las líneas genéticas de mayor uso para abastecimiento en el país son:



El consorcio Aviagen destaca por su desarrollo tecnológico en la cría de aves con la mas alta calidad han logrado superarse con la línea Ross, que entrega los mejores rendimientos, es por ello que su logística operativa suministra aves de un día de vida a más de 80 naciones (Aviagen, 2018)

La casa genética de crianza con su línea del mismo nombre Hybro B.V. es la evolución mejorada de "Eurobird" que con más de media centena de años en el mercado es líder a nivel internacional en el sector agropecuario (Hendrix-Genetics, 2018).

Su línea genética posicionada en el mercado como Hybro PGplus promete las mejores conversiones comparada con la competencia además de prometer rendimiento en canal excepcional dice que su eficiencia y viabilidad económica (Hendrix-Genetics, 2018).

La innovación tecnológica se la lleva sin lugar a dudas "Vantress", es la empresa que ha logrado modificar el DNA de las aves, teniendo como ventaja la selección genética de aves más resistentes y capaces de dejar estirpe naturalmente. (Vantress-Copp, 2016)

La línea genética "Cobb 700" fue lanzada al mercado en 2001 y fue rápidamente aceptada por la cualidad de su fácil deshuese por lo que favoreció la introducción a mercados donde se destinaba esta proteína para productos con valor agregado como la obtención de filetes de pechuga o muslo, siendo esta estirpe superior a las antecesoras de su casa de crianza (Vantress-Copp, 2016).

4.5 Requerimientos nutricionales del pollo de engorde

La nutrición de pollo se ha actualizado mediante los avances de vanguardia de estos fundamentos: la genética, la nutrición, el manejo y la sanidad, sumados a un continuo aporte de investigación, ciencia y tecnología (CINCAP, 2012).

La avicultura se ha tecnificado, lo que ha permitido mantener precios accesibles para el consumidor; uno de los factores más importante para lograrlo es sin duda la nutrición y la alimentación aviar ya que esta representa un 60% de los costó de producción (Cuca, 2009).

Es necesario formular las dietas de acuerdo con su etapa para suministrar a estos animales la formula correcta de energía, proteína, aminoácidos, minerales, vitaminas y aditivos como los probióticos. El programa de nutrición dependerá de los objetivos de producción (Aviagen, 2009).

En seguida (Cuadro 1) se presentan las necesidades nutricionales propuestas por el NRC,1996:

Cuadro 1. Principales requerimientos nutricionales para pollos de engorde.

Nutriente	Semanas		
	0-3	3-6	6-8
EM (kcal/kg)	2800	2900	3000
Proteína Bruta (%)	20.0	19.0	17.0
Calcio	1.00	0.90	0.80
Fosforo Disp. (%)	0.45	0.35	0.30
Sodio (%)	0.20	0.15	0.12
Cloro (%)	0.20	0.15	0.12
Lisina (%)	1.10	1.00	0.85
Met-Cis (%)	0.90	0.72	0.60
Colina (mg/kg)	1301	1001	749

Fuente: (NRC, 1996)

En lo que respecta a la energía se cree que es punto de partida para cualquier programa de alimentación ya que la energía requerida por las aves, pudiera verse influenciada por factores climáticos, edad y composición corporal de las aves así como la forma física del alimento y que los niveles prácticos de energía para el planteamiento de dietas para pollos están entre 2800 a 3200 Kcal de EM/Kg, teniendo en consideración que una dieta con un contenido inferior a 2800 Kcal/Kg no puede ser aprovechada de forma eficiente debido a su dilución energética, por tal razón se considera que el nivel de energía es determinante en el desempeño y el efecto económico de la producción de la carne de pollo, según (Bertechini, 2012).

Las dietas se deben de ajustar considerando las estaciones ya que el clima y disponibilidad de insumos juegan un papel importante (Junqueira, 2005). (Freire y Berrones, 2008) nos mencionan que la conversión alimenticia mejora en relación que se aumenten los niveles calóricos, sin embargo el porcentaje de alimento consumido no está relacionado con que se cubran los niveles calóricos (Junqueira, 2005) explica que este efecto se atribuye a la genética del pollo ya que ha sido mejorado por selección, obteniendo una máxima eficiencia al deglutir una ración de una dieta balanceada con los requerimientos para potencializar las variables productivas.

Conforme transcurren los años se obtienen mejores resultados en el pollo de engorde y esto se atribuye a los avances genéticos, fisiológicos, nutricionales y patológicos. Esta vanguardia está condicionada a que los insumos que sean suministrados a las aves deberán ser de la más alta calidad posible para obtener parámetros óptimos que ayuden a potencializar las variables productivas por lo que se hace énfasis en cubrir las necesidades nutricionales de acuerdo a la etapa fisiológica, sexo y época del año (Freire, 2008).

La siguiente tabla muestra las necesidades calóricas y proteicas que publican las incubadoras de sus líneas genéticas, instituciones de ciencia y diversos investigadores que muestran la evolución de los requerimientos de pollo de engorda para obtener los mejores resultados en las variables productivas.

Cuadro 2. Niveles de EM, PC y lisina total (%) sugeridos para optimizar ganancia de peso en pollos.

Autor (es)	Etapas (días)	EM (Mcal/Kg)	PC (%)	Lisina total (%)	Relación Lisina Total/EM
NRC (1984)	1 a 21	3,200	23,00		
	22 a 42	3,200	21,50		
	43 a 49	3,200	19,00		
Summers <i>et al.</i> (1992)	1 a 21	3,082	23,20		
	22 a 42	3,165	17,80		
Machos y Hembras	1 a 21	3,072	23,00		
	22 a 42	3,422	19,00		
Rhone-poulene (1993)	0 a 28	3,200	21,30	1,20	3,75
	28 a 49	3,200	19,40	1,00	3,13
Baker y Han (1994)	7 a 21	3,200	23,00		
NRC (1994)	0 a 21	3,200	23,00	1,10	3,44
	21 a 42	3,200	20,00	1,00	3,13
	42 a 56	3,200	18,00	0,85	2,66
Degussa (1995)	0 a 21	3,150	21,00	1,09	3,46
	21 a 49	3,200	20,00	0,99	3,09
	>49	3,250	18,00	0,86	2,65
Cobb (2002) mixto 40-45 días	Iniciador	3,070	23,00	1,40	4,56
	Crecimiento	3,116	22,00	1,30	4,17
	finalizador	3,226	19,00	1,14	3,53
Ross (2002) Mixto 2,3 a 2,5Kg	0 a 10	3,010	22-25	1,44	4,78
	11 a 28	3,175	20-22	1,23	3,87
	> 29	3,225	18-20	1,00	3,10
Hubbard (2004)	Iniciador	3,025	22,00	1,25	4,13
	Crecimiento 1	3,050	20,00	1,15	3,77
	Crecimiento 2	3,125	19,00	1,05	3,36
	Retiro	3,125	18,00	0,95	3,04
Tablas brasileñas Rostagno <i>et al.</i> (2005) Mix. Machos y Hembras	1 a 7	2,900	22,04	1,47	5,06
	8 a 21	3,000	20,79	1,26	4,21
	22 a 23	3,100	19,25	1,18	3,82
	34 a 42	3,150	17,86	1,12	3,56
	43 a 46	3,200	17,24	1,07	3,34
	22 a 23	3,100	18,60	1,10	3,55
	34 a 42	3,150	17,39	1,00	3,17
	43 a 46	3,200	16,86	0,95	3,11

4.6 Requerimientos de aminoácidos

Se clasifican en dos tipos, los esenciales, que son asimilados naturalmente por el individuo en la dosis necesaria y se adicionan a la dieta: los aminoácidos alifáticos gly, val, leu, ile, los aminoácidos con cadena lateral aromática: Phe, trp, y los esenciales his, arg, lys, met, cis y treonina. Los no esenciales, que pueden ser asimilados por el individuo a partir de las proteínas suministradas en el nitrógeno. En pollos los principales aminoácidos limitantes son la met. y la lis. (Campabadal, 2006)

Es necesario analizar los insumos de las dietas para determinar la cantidad de nutrimentos que se aportan a la inclusión, garantizando que se cubran los requerimientos de los pollos, considerando los factores como: la edad del ave, el aporte energético, sexo y PC. Sin olvidar los factores ambientales como lo es la temperatura, que está relacionada directamente con la variable inclusión de alimento (Ajinomoto, 2003)

Las necesidades de aminoácidos esenciales del ave en etapa de iniciación es de: 17, 10, 6.5, 11, 4 y 2,8 mg/g de acuerdo al peso, relacionado directamente con: metioni, lisi, treo y trip, sin considerar el sexo del ave GfE, (1999) -. Los porcentajes de metio, treo y trip con relación a la lisina se recomienda que sean de: 0,36, 0,66 y 0,17. Las cantidades sugeridas por el GfE, (1999) para la metio, la treo y la lisi son inferiores respecto a cantidades que se encuentran en esta referencia (NRC, 1994)

Cuadro 3. Sugerencia de los niveles de aminoácidos esenciales en dietas para pollos en etapa de iniciación.

Aminoácidos	NRC (1994), %/1.000 Kcal/kg	GfE (1999), %/1.000 Kcal/kg	Dieta final, %	Ross 308, % (#)
Lisina	0,34	0,36	1,10	1,29
Metionina	0,15	0,13	0,40	0,51
Treonina	0,25	0,24	0,74	0,88
Triptófano	0,06	0,05	0,17	0,21

() Fuentes: NRC (1994), GfE (1999), Ross 308 (2014); (#) de a 11 a 24 días de vida.*

En el cuadro 4. observamos que los valores que se recomiendan, hacen alusión a los mínimos de aminoácidos. Según Fatufe y col. - (2004)

De igual manera confirman, Carrasco y col. - (2014) obtuvieron un desarrollo favorable con una formulación de aminoácidos menor a la sugerida y con los pollos de engorda lenta, destaca que con esos resultados se clasificarían en pollos de crecimiento medio.

Cuadro 4. Comparación del contenido de aminoácidos recomendado en tablas de nutrición por empresas de genética, de 1 a 21 d de vida.

Fuentes	Energía Met. Kcal/kg	Lisina %	Metionina %	Treonina %	Triptófano %
GfE (199)	3.100	1,10	0,40	0,78	0,17
Pollos de crecimiento rápido					
Ross 308	3.100	1,29	0,51	0,88	0,21
Pollos de engorde					
Crecimiento medio**	2.915	1,13	0,45	0,84	0,20
Lento crecimiento***	2.870	1,08	0,39	0,69	0,16
Razas de puesta					
Lohmann Brown ***	2.870	1,20	0,48	0.80	0,23

(#) Aviagen Ross 308 (2014), ** Gestión de Ranger de Aviagen Rowan (2016), Ritteser (2016), Carrasco y col., (2014), *** Hoerning y col. (2010), *** ohmann, sistemas alternativos de manejo (2016)

4.7 Aditivos en la avicultura: enzimas, prebióticos y probióticos

Enzimas

De manera general las enzimas son compuestos orgánicos, de origen proteínico, que actúan como catalizadores biológicos de los procesos digestivos y metabólicos, estos incluyen todas las reacciones de síntesis, degradación y digestión- degradación que ocurren en el organismo animal, convirtiendo a las enzimas en el motor que mueve la actividad de todas las células del organismo controlando; así todas las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de los animales.

Las enzimas se caracterizan por su marcada especificidad debido a que existe una forma de enzima particular para cada tipo de sustrato. Esto ayuda para ejercer efectos específicos sobre la digestibilidad de algún nutriente en particular (proteasas, peptidasas, carbohidrasas y lipasas), Logrando una digestión eficaz y completa, mejorando substancialmente la absorción de nutrientes (Church *et al.*, 2004).

Al facilitarle al animal la digestión del alimento mediante el efecto hidrolítico que tienen las enzimas, mejora la biodisponibilidad y la absorción en el tracto digestivo del alimento, resultando en un ahorro de energía que se refleja en una mejor conversión y ganancia de peso (Gardner, 1984; Williams *et al.*, 1989; Gray, 1990).

Su importancia radica en los siguientes factores:

a) Remover o destruir factores antinutritivos de los ingredientes usados en la formulación de dietas para no rumiantes.

b) Mejorar la digestibilidad total de la dieta debido a la baja digestibilidad de algunas materias primas, es por lo regular el resultado de la falta de enzimas endógenas del animal para extraer los nutrientes de los complejos dentro del ingrediente alimenticio.

c) De manera general, los no rumiantes carecen de la capacidad endógena para hidrolizar los carbohidratos (polisacáridos no amilolíticos) por lo que cuando se adicionan las enzimas necesarias los componentes monosacáridos, producto de su hidrólisis, se pueden absorber y utilizar.

d) Reducir el impacto contaminante de las heces de los animales en el ambiente. El contenido de fosfatos en las heces de algunos animales tiene un potencial muy elevado como contaminantes (Carey, 1998).

Prebióticos

Es un compuesto no digestible metabolizado por bacterias del tracto digestivo, el cual modifica la actividad microbiana intestinal, mejorando la fisiología del huésped que lo recibe (Bindels et al., 2015).

Aunado a lo anterior modulan la composición bacteriana intestinal, lo que permite una estimulación en el crecimiento de bacterias benéficas como las del género *Lactobacillus* (Li et al., 2007; Kongnum & Hongpattarakere, 2012), limitando el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas, como las del género *Vibrio*, *Aeromonas* y *Streptococcus* (Zhou et al., 2007; Silva et al., 2014). Un efecto indirecto que también se le atribuyen a los prebióticos es el mejoramiento del sistema inmunitario ya que modifican la composición y actividad microbiana (De Vrese & Schrezenmeir, 2008; Bindels et al., 2015)

Una de las desventajas que tiene los prebióticos de acuerdo a las pruebas moleculares que no actúan de forma específica como estaba establecido anteriormente. (Bindels et al., 2015).

El mecanismo principal como ejercen la acción los prebióticos, es la producción de ácidos grasos de cadena corta producidos por los microorganismos. Estos ácidos grasos de cadena corta tienen una actividad antimicrobiana, reduciendo el pH del tracto gastrointestinal y de esta manera afectan a las bacterias patógenas (Gibson & Roberfroid, 1995; Bindels et al., 2013).

Además de lo anterior los prebióticos promueven el crecimiento selectivo bacteriano de los géneros de *Bifidobacterias* y *Lactobacilos* muy probablemente a la síntesis bacteriana de ácidos grasos de cadena larga (Bindels et al., 2015).

Probióticos

El uso de estos aditivos está íntimamente vinculado con los procesos de regulación del tracto gastrointestinal, teniendo como resultado una mejora en el estado sanitario de las aves. (Barros et al., 2007).

Los probióticos pueden estar conformados por un solo tipo de microorganismo o por combinaciones de estos, con el fin de lograr mayor eficiencia al colonizar el intestino. Principalmente utilizan bacterias los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* y *Pediococcus* (Fuller, 1989) y emplean levaduras como prebióticos, como la *Saccharomyces cerevisiae*. cada género de microorganismos puede tener diferentes especies y cepas con capacidad de producir efectos metabólicos diferentes, por lo que se recurre a utilizarlos en conjunto para lograr los mejores beneficios (Mountzouris et al., 2010).

Una de las cualidades que destacan en los probióticos es el estímulo al sistema inmunológico, está comprobado que la inclusión de estos microorganismos promueve la actividad de células "natural killer" (NK) que sobresalen por ser citotóxicos y están relacionados en la eliminación de células cancerosas, producen citoquinas (Matsuzaki, 2000).

Aunado a lo anterior diversos estudios han demostrado que el efecto anti-inflamatorio esta relacionado con los β receptores como el factor nuclear kappa β beneficiando la salud gastrointestinal del hospedero (Lescheid, 2014).

4.8 Levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza) (Hernández, 1999).

Sc, es un probiótico que conforma una privilegiada categoría de organismos biorreguladores, auxiliares en los procesos naturales (López *et al.*, 2009).

Se consideran eucariotas con amplia variedad respecto a su morfología y fenotipo, son vistas como fungis monocelulares. Son de mayor tamaño respecto de una bacteria, con un diámetro que oscila los 5 μ m. Hay diversos métodos en los cuales se pueden reproducir, uno de ellos es por bipartición, en algunos otros casos es por gemación, pero todas al conseguir la unión de sus hifas forman micelio siempre y cuando se logren las condiciones necesarias (Ochoa, 2004 y Pérez, 2007).

Cabe destacar que en su naturaleza resisten el uso de antibióticos como las sulfonamidas, además de diversas sustancias antibacterianas. Además de saber toda la secuencia de los genomas, lo que ha facilitado la modificación en sus 6666 genes que codifican el material genético de la levadura (Bergogne, 1995)

Las levaduras están constituidas macromolecularmente por cadenas de aminoácidos esenciales, además de glicoproteínas, donde el 85% son polisacáridos, así como lípidos y ácidos nucleicos (Walker, 1998).

la masa deshidrata de la pared de la célula está compuesta por un 20% y los compuestos que sobresalen son 80% polisacáridos, principalmente polímeros de glucosa, oligosacáridos y cadenas de aminoácidos (Zinser, 1996) y (Rojas, 1995).

El 45% de su masa deshidrata contiene proteína con una extraordinaria calidad en relación con su cadena de aminoácidos esenciales (Valinote, 2011).

Si hablamos de las especies más analizadas de levaduras a nivel mundial, sin lugar a dudas tenemos que referirnos de *Sc*, así como de *Kluyveromyces fragilis*, sin olvidarnos de *Candida utilis* validadas para libre consumo humano (Anon, 2005).

García (2000), en su investigación resalta que el uso de levadura de cerveza es un aditivo rico en proteína, la cual recomienda para la inclusión en dietas de monogástricos, aunque el uso de estas sea principalmente en la industria de bebidas alcohólicas (Leimer et al., 2005).

La levadura inactivada por temperatura se usa como fuente de nutrimentos en alimentación animal y humana, tanto en forma de levadura íntegra como a partir de sus derivados (Belcher, 2005)

4.9 Estructura de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*

La pared celular de la levadura consiste por completo de proteínas y carbohidratos que primordialmente, se componen de glucosa, manosa y Nacetilglucosamina (Balluo, 1970). Como se muestra en la Figura 1, la capa externa de la pared celular contiene los complejos manano-proteínas,

ligados a la proteína de la pared celular y la capa interna los glucanos insolubles; los glucanos y mananos se encuentran presentes en concentraciones, aproximadamente iguales, representando cerca del 60 a 70% de la pared celular (González, 2003).

La levadura tiene una forma elipsoidal, con un diámetro que varía de 5 hasta 10 micrómetros, el tamaño celular aumenta con la edad de la célula.

Estructuralmente, la *Saccharomyces cerevisiae* está compuesta por tres constituyentes:

Pared celular: Constituido por polisacáridos (80 a 90%), glucanos, mananos y pequeños porcentajes de quitina. otros componentes de la pared celular son proteínas, lípidos y fosfatos. La función de la pared celular es mantener la estructura celular.

Membrana plasmática: La función de la membrana plasmática es mantener la permeabilidad selectiva y regular la nutrición celular, absorción de carbohidratos y compuestos nitrogenados.

Material celular o extracto: constituido por componentes intracelulares, el componente celular es rico en inositol, glutamato que tiene efectos positivos sobre la palatabilidad, y nucleótidos que tienen beneficios en el sistema inmune (González, 2003).

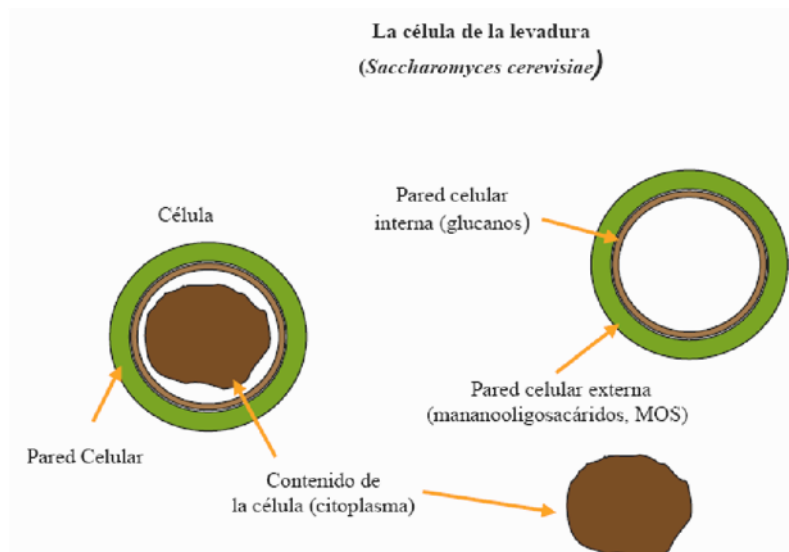


Figura 1. Célula de la levadura *Sc.* (González, 2003).

4.10 Composición química de la levadura *Sc.*

Referente a la estructura de levadura de cerveza, (2005) dice que la variación está relacionada estrictamente con el origen de la industria y el manejo que se lleve en cada sitio, esto hace sentido si se menciona que cada cepa se adapta a las condiciones que sea sometida, tales como: PH, temperatura y % de humedad.

Tabla 3 composición química de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Componentes %	Otero,1989	García et al, 2000	Otero et al, 2012	Yamada et al, 2003
Polisacáridos	29,71	34,1	36	31,40
Trehalosa	NR	5	NR	NR
Ác. nucleicos y nucleótidos	10,65*	10,8	7,41*	9,00*
fosfolípidos	1,18	4,5	2,63	0,5
triglicéridos	NR	2,5	NR	NR
Esteroles	NR	1	NR	NR
Ceniza	8,32	3,1	7,34	4,60
Proteína	40,20	39	44,7	42,67

4.11 Clases de levadura

En la producción animal, el tipo de levaduras según García, (2007) y Ramírez, (2008) son las siguientes:

Levadura muerta o inactiva: es una mezcla de cereales producto de la fermentación y levaduras viables (1.0 x 10² UFC/g). lo cual en el rumen no son considerables como viables

Levadura activa o viva: su concentración es de 1.0 a 2.0 x 10¹⁰ UFC/g lo cual permite un cambio en el número de microorganismos de tracto digestivo lo que trae como consecuencia una mejora en la absorción nutricional (García,2007)

Levadura mineralizada: su concentración es de 1.0 x 10⁴ UFC/g este es producto de una levadura más un mineral específico lo que permite que se forme una unión de levadura + mineral.

Levadura de cerveza: Es un derivado de la producción cervecera la cual aporta proteínas y vitaminas del complejo B.

4.12 Procesos de acción

El principal mecanismo como actúa una levadura viva inicia cuando promueve la habilidad y además estimula la digestibilidad promoviendo un equilibrio macrobiótico a nivel gastro digestivo.

Organismos como la *Sc* contienen diferentes enzimas que se liberan durante el proceso de digestión de los alimentos y mantienen las enzimas ya existentes, aunado a lo anterior presentan vitaminas y nutrimentos que ayudan en el mejoramiento productivo independientemente de la edad y de la etapa fisiológica en la cual se encuentre el animal, por lo cual se pueden reducir el uso de fármacos y además pueden actuar como un promotor de crecimiento natural (Heugten *et al.*, 2003; Heugten y Dorton (2001) Browman y veun (1973).

4.13 Uso de levadura en dieta para pollos de engorde

El uso de levaduras en la alimentación de animales monogástricos ha despertado el interés de varios investigadores en los últimos años. La adición de probióticos está íntimamente relacionada con una mejora del estado de salud del ave, siendo considerados como biorreguladores del tracto intestinal, con acción preventiva o curativa (Barros et al., 2007).

Diferentes investigaciones se refieren a la comparación del efecto de diferentes probióticos o prebióticos, o la combinación de ellos, sobre la producción. Por ejemplo, la adición de *Saccharomyces cerevisiae* (36×10^7 /g⁻¹), o manano oligosacáridos (1 g/kg⁻¹ de alimento), mejoró la conversión alimenticia de los pollos que recibieron sobre todo este aditivo, lográndose mejor peso vivo de las aves tanto a los 14, 28 y 48 días de vida (Upendra y Yathiraj, 2003). En la naturaleza existen varias fuentes de mananos, pero no todos los ingredientes son eficaces en la alimentación animal. Las fuentes vegetales tienden a contener concentraciones muy elevadas de mananos en combinación con galactosa, que es incapaz de ligar bacterias patógenas (Newman, 2002). Los mananos oligosacáridos son productos naturales derivados de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* obtenida de la industria cervecera (González, 2003).

4.14 Oligosacáridos: mánanos y β -glucanos

Los Oligosacáridos: es un aditivo de origen natural obtenido de la levadura SC el cual esta principalmente formado por carbohidratos estructurales. Un prebiótico beneficia al huésped u organismo que las consume además afecta el crecimiento de bacterias patógenas dichos oligosacáridos son obtenidos mediante un proceso de hidrólisis. (Van Heugten *et al.*, 2003;

4.15 Mecanismo de acción Oligosacáridos

Estos microorganismos viajan ilesos hasta el final del tracto digestivo porque soportan la acides y las enzimas no les causan daño. Es en esta zona donde se encuentra el máximo potencial del metabolismo, por el alto porcentaje de diversidad en su microbiota, debido a la facilidad de adaptación a los diversos sustratos. (García,2007)

La defensa que proveen estos microorganismos a los enterocitos es que las células patógenas se adhieran a ellas evitando que se infiltren en los intestinos ya que la adherencia de organismos patógenos en la pared celular de los enterocitos traerá como consecuencia una infección gastrointestinal. (Ramírez, 2008)

La presencia de patógenos implica un mayor gasto energético para combatir las, disminuye el crecimiento por efecto de la baja acumulación de enzimas, aunado a la movilidad de anticuerpos para combatir el organismo perjudicial como toxinas dentro del enterocito. (Ramirez,2008)

El mecanismo de acción de la levadura proviene desde su composición celular ya que ofrece un área de protección para alojar a las células perjudiciales, porque en su estructura contiene hidratos de carbono que se entrelazan con cadenas ramificadas de glucosa derivadas del aminoazúcar glucosamina y manosas que sirven como agentes quelantes para patógenos con afinidad a la manosa tipo 1, adhiriéndose al *Saccharomyces* en vez de atacar el epitelio gástrico y de esta manera son expulsados sin que colonicen estas células dañinas, así se garantiza la salud gastrointestinal de quien los ingiere. (García, 2007)

4.16 Mánanos

El origen de los MOS puede provenir de diversos recursos naturales, aunque no todos los insumos tienen la misma eficiencia o concentración. Las del reino fungí son las de mayor número de unidades formadoras de colonias al igual que los granos derivados de destilerías (Newman, 2002). Por lo anterior los MOS se obtienen de los subproductos de las cerveceras donde utilizan la levadura *Sc.* (González, 2003).

La membrana exterior de la levadura contiene manoproteína, y la parte interna contiene glucolípidos; en niveles homogéneos, conformando alrededor del 80% de la pared celular (González, 2003).

Adherido a la membrana celular este oligosacárido procedente de una cepa de *Sc.* Tiene en su composición celular 25 por ciento mánanos; 25 por ciento de su conformación son glucanos y 13 por ciento son proteínas. (Salgado y Col, 1998)

Los receptores de las lectinas están ligados a los MOS evitando que se adhieran los patógenos a la membrana. El uso de los mánanos en la alimentación tiene como beneficio asegurar un correcto aprovechamiento de los nutrientes a nivel gastrointestinal como es el caso de la *Sc*(Castro y col, 2005).

El uso de MOS esta relacionado con el mejoramiento de la sanidad del ave, específicamente a nivel del tracto intestinal, ya que bloquean los receptores de las bacterias enteropatógenos, evitando que se adhieran a la pared celular para posteriormente ser excretados antes de que puedan colonizar, siendo *E.colí* un claro ejemplo.(Salgado y Col; 1998). (Spring,2000); En su investigación comprobó que los MOS en la inclusión para el ave baja considerablemente las unidades formadoras de colonias de células entéricas patógenas específicamente *Salmonella*.

4.17 Características de los mánanos oligosacáridos

Molecularmente evitan la adhesión de patógenos a la membrana gastrointestinal, estimulan el sistema inmunológico, aumentan la diversidad de los microorganismos intestinales, se ve un aumento en la síntesis de mucina y muestran resistencia a las enzimas del tracto digestivo (Newman *et al.*, 2003).

La presencia de MOS tiene como efecto la prevención de la cohesión de lectinas bacterianas a los hidratos de carbono inmersos en la microbiota intestinal. (Dildey *et al.*, 1997 y Finucane *et al.*, 2005), Algunas bacterias patógenas se adhieren al azúcar manano, tal es el caso de; *Salmonella sp.* y *E.coli* (Dildey *et al.*, 1997; Ofek *et al.*, 2003)

El uso de mánanos oligosacáridos como una barrera en la colonización de agentes dañinos cobra sentido desde la primicia que las manosas inhiben la adhesión por proteínas que se unen a azúcares como las lectinas que se adhieren a las fimbrias y es el caso de las bacterias que buscan unirse a un hidrato de carbono para acoplarse a las células del hospedero por medio de las glicoproteínas presentes en la superficie de la membrana plasmática. (Franklin *et al.*, 2005)

Diversas investigaciones sugieren que el efecto en la adhesión imposibilitada tuvo como resultado una disminución en la población de bacterias patógenas a nivel del tracto gastrointestinal, al ser excretadas, se observa un cambio favorable en la defensa del epitelio gastroentérico. (Torrecillas *et al.*, 2014)

4.18 β -Glucanos

Los β -glucanos son polímeros de glucosa y constituyen el principal componente estructural de la pared celular de algunas plantas como avena y cebada, algas marinas y de la pared celular externa de bacterias, hongos y levaduras (Caruffo *et al.*, 2013).

Los β -glucanos son homopolisacáridos lineales de glucosa unidos a través de enlaces β -(1 \rightarrow 3) y β -(1 \rightarrow 4) y que pueden presentar ramificaciones (Lazaridou, 2007)

4.19 Características de los β -Glucanos

La composición molecular de las uniones en la cadena inicial y de sus ramificaciones dependen del origen del β -glucano y se pueden diferenciar fácilmente, Por ejemplo,

las uniones de estos β -glucanos de cereales están ramificadas con enlaces β 1 \rightarrow 3 y β 1 \rightarrow 4 la diferencia de los β -glucanos de *Saccharomyces* y compuestos fúngicos que su estructura macromolecular está unida por glucosa y conexiones β 1 \rightarrow 3 y las uniones adyacentes por conexiones β 1 \rightarrow 6 según (Volman *et al.*, 2010 y Butt *et al.*, 2008).

Los β -glucanos se obtienen de la pared celular de los hongos/levaduras, son los principales estimuladores del sistema inmunológico (Wang *et al.*, 2004). Dicho efecto podría deberse a la capacidad de los β -glucanos de estimular receptores del sistema inmune innato presentes en la membrana de los enterocitos, de las células M y de las células dendríticas, mejorando la actividad fagocítica de los macrófagos y la actividad antimicrobiana de las células mononucleares y de los neutrófilos (Yasuda *et al.*, 2012).

De los receptores principales sobre el efecto de los β -glucanos que estimulan la activación del sistema inmunológico se considera la dectina-1, aunque recientes investigaciones sugieren que la lactosilceramida juega un papel importante, sin dejar de lado los receptores tipo toll "2" y "6" y los receptores "carroñeros" (Brown, 2006).

Los β -glucanos, juegan un papel importante en la sustitución de los antibióticos y en el estímulo del sistema inmune. (Rathgeber *et al.*, 2008) Reporta que el uso de los β -glucanos provenientes de la pared de la levadura fueron efectivos como promotores de crecimiento en los pollos comparados con la Virinamicina, un antibiótico usado en los pollos a dosis subterapéuticas, similarmente Zhang *et al.*, en 2008 donde reporta que la

suplementación de las dietas en pollos de engorde con β -glucanos puede mejorar el crecimiento en dos términos de promedio de peso de ganancia diaria y conversión alimenticia.

Evidencias *in vitro* (Jaskari *et al.*, 1998 y Kontula *et al.*, 1998) e *in vivo* (Dongowski *et al.*, 2002 y Snart *et al.*, 2006) confirman que los β -glucanos pueden ser empleados en las dietas para aves como prebióticos (Wood, 2007) comprobando su gran cualidad para brindar las condiciones necesarias para el óptimo desarrollo de microorganismos saludables para la microbiota gastrointestinal como lo son *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*.

4.20 Mecanismos de acción de los β -Glucanos

Un conjunto de resultados descritos permite plantear elementos que sustentan un posible mecanismo de acción de los β glucanos; uno es que el receptor de este fue el primero identificado sobre monocitos humanos e inicia la fagocitosis de partículas activadoras de la vía alternativa del complemento en ausencia de opsoninas (Czop, 1985)

El peso molecular, la presencia o no de ramificaciones, la conformación y las asociaciones intermoleculares influyen en la actividad biológica de los β glucanos (Pedroso, 2005). Los resultados exhibidos por diferentes grupos de investigadores sobre el impacto de la respuesta inmune con formulaciones diferentes de β glucano demuestran las potencialidades del empleo de estos en bovinos y aves en este análisis, lo que unido al beneficio

sobre indicadores de salud y productivos constituyen evidencias que justifican el empleo de las formulaciones basadas en este principio independiente de los esquemas de aplicación, las fórmulas con β glucanos inciden en los indicadores de inmunidad en rumiantes y monogástricos según (Franklin et al., 2005).

Lebron et al., 2003 reportaron que los β -glucanos del patógeno *Pneumocystis carinii* así como los de *S. cerevisiae*, la levadura empleada para la elaboración de pan o de cerveza, β -glucanos: promueven los macrófagos a través de la activación de NF κ B, gatillando varios eventos celulares que resultarían en la producción de citoquinas y el aumento de la fagocitosis.

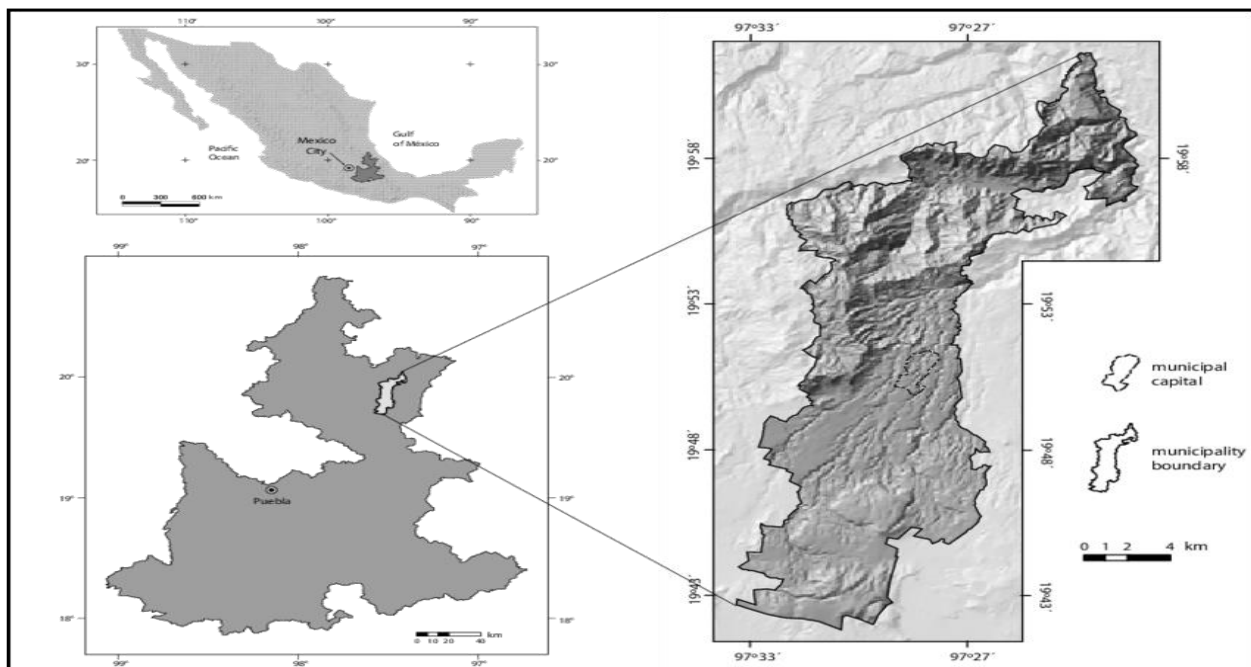
El efecto biológico de los β -glucanos depende de la naturaleza de su origen. Es decir, si hablamos de los cereales, su principal acción es en la regulación del metabolismo, vinculadas al desorden metabólico. A pesar de lo anterior se potencializarán los efectos si se consideran las siguientes variables: las unidades formadoras de colonias, su bio-estructura y masa biomolecular. Los resultados en las diferentes etapas fisiológicas de los β -glucanos procedentes de granos se atribuyen esencialmente a sus cualidades fisicoquímicas y composición estructural que están interrelacionadas con el sistema digestivo, destacando su gran habilidad de originar composiciones viscosas favoreciendo la mucosa dentro del intestino delgado y ayudando a la absorción de nutrientes con una fermentación en el área del colon. Sobresalen los β -glucanos de *Saccharomyces* por los resultados favorables en la activación del sistema inmunológico.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El experimento se realizó en el módulo avícola de la unidad experimental del Programa Educativo Ingeniería Agronómica y Zootecnia perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; Campus Regional del municipio de Tlatlauquitepec, localizada en la sierra norte del estado con las siguientes coordenadas entre los paralelos $19^{\circ} 38''$ y $20^{\circ} 03''$ de latitud norte; los meridianos $97^{\circ}23''$ y $97^{\circ} 37''$ de longitud oeste, (Figura 1); con altitud de 1930 msnm. Precipitación media anual de 1264 mm y temperatura media anual de 15.1°C ; (INEGI, 2009).

Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla.



5.2 Unidades experimentales

Se emplearon 90 aves con 5 días de vida con un índice de peso inicial promedio de 100 g \pm 5 g, ya habían sido inoculados con el biológico de Newcastle (cepa la sota) vía ocular y la vacuna triple aviar como control sanitario.

Durante el traslado se mantuvo la temperatura estable a 25°C, Para la recepción de los pollos y preservar el confort térmico, en la granja se preparó el módulo con la misma temperatura de 25°C y se monitoreo constantemente el comportamiento animal, así como los termómetros para garantizar el confort de las aves, se utilizó viruta como cama con 5 cm. de espesor, mismas que se cambiaron por completo cada tercer día o antes de ser necesario.

Durante el periodo experimental, se suministró agua tibia adicionada con *Ru Vi Otic* 5g en 8 L como tratamiento preventivo, se proporcionó alimento iniciador en comederos tipo tolva durante el periodo de adaptación.

Como fuente de calor se utilizaron focos de 100 watts con campana para distribuir y mantener el calor homogéneo los cuales fueron subiendo 5 cm por semana hasta finalizar el experimento; por cada diez pollos en un espacio de 1.0 m² a una altura de 50 cm

Se distribuyeron en un diseño de bloques completamente al azar en tres tratamientos con tres repeticiones (10 pollos por cada repetición), el tratamiento 1 T1: 0.25 % de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (testigo), el tratamiento 2 T2: 0.3 % de *Sc* y el tratamiento 3 T3: 3.5 % de *Sc*. La duración del experimento fue de 56 días.

5.3 Dietas experimentales

Se formularon los tratamientos para dos periodos de iniciación y finalización, enriquecidas con diferentes porcentajes en levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Los tratamientos formulados cuentan con la misma cantidad de energía y proteína, se diseñaron con sorgo, maíz molido, pasta de soya (Cuadro 3 y 4) con el propósito de satisfacer las necesidades proteicas y energéticas así como de vitaminas y minerales de acuerdo con los requerimientos sugeridos por el (NRC, 1996).

Cuadro 3. Dietas experimentales para pollos de engorde en etapa de iniciación con diferentes niveles de levadura disponibles en la dieta %.

Insumos %	Niveles de levadura %		
	1-28 días		
	T1 (N30) 2.5%	T2 (N30) 3.0%	T3 (N30) 3.5%
Sorgo	58.25	58.20	58.15
P. Soya	35.00	35.00	35.00
Aceite de soya	2.50	2.50	2.50
Metionina	0.30	0.30	0.30
Lisina	0.25	0.25	0.25
Treonina	0.10	0.10	0.10
Triptófano	0.10	0.10	0.10
CaCO ₃	1.40	1.40	1.40
Ortofosfato	1.35	1.35	1.35
¹ Premezcla Vit.	0.10	0.10	0.10
² Premezcla min.	0.10	0.10	0.10
Sal	0.20	0.20	0.20
Biotetox	0.10	0.10	0.10
Levadura	0.250	0.300	0.350
Total	100%	100%	100%
Aporte de nutrientes calculado			
Proteína Cruda %	22.00	22.00	22.00
EM Mcal/kg	3,000	3,000	3,000

EM: Energía metabolizable.

Mcal: megacalorías

Cuadro 4. Dietas experimentales para pollos de engorde en etapa de finalización con diferentes niveles de levadura disponibles en la dieta %.

	Niveles de levadura %		29-56 días
	T1 (N30) 2.5%	T2 (N30) 3.0%	T3 (N30) 3.5%
P. Soya	25.00	25.00	25.00
Sorgo	47.00	47.00	47.00
Maíz molido	20.00	20.00	20.00
A. Común	3.50	3.50	3.50
Metionina	0.16	0.16	0.16
Lisina	0.8	0.8	0.8
Treonina	0.12	0.12	0.12
Triptófano	0.40	0.40	0.40
CaCO ₃	1.50	1.50	1.50
ortofosfato	0.60	0.60	0.60
Prem. Vitamin	0.20	0.20	0.20
Sal	0.40	0.40	0.40
Levadura	0.25	0.30	0.35
Aporte de nutrientes calculado			
Proteína Cruda %	18.00	18.00	18.00
EM Mcal/kg	2,800	2,800	2,800

EM: Energía metabolizable.

Mcal: megacalorías

5.4 Variables evaluadas.

5.4.1 Consumo de alimento.

Se registró semanalmente, se obtuvieron los datos por la diferencia de alimento suministrado y el alimento rechazado, dividido entre el lote de aves por repetición diario, se reportó (g/animal^{-1}).

5.4.2 Ganancia de peso.

Se procedió a pesar cada ave con ayuda de una báscula digital marca Rhino® con capacidad de 40 kg, el pesaje se realizó semanalmente y se obtuvo por diferencia de peso final menos peso inicial y se reporta en (g animal^{-1})

5.4.3 Conversión alimenticia.

Se obtiene cada semana del total de alimento que consumieron (kg) entre el total de peso vivo producido (kg).

5.5 Análisis económico.

Es durante la etapa de la planeación, cuando se determinan los objetivos del proceso de producción, y la habituada técnica de la relación beneficio-costos es la mejor manera de cumplir con el requisito de establecer objetivos medibles. Relación beneficio-costos, se calcula con la siguiente fórmula:

$$BC = \frac{Ing.N.}{Inv.N.}$$

Dónde:

Ing. N = ingresos netos, venta en pie de los animales.

Inv. N = inversión neta, constituida por la alimentación del periodo experimental.

Existen varios métodos para medir la productividad como el método de la productividad total, método basado en el tiempo de trabajo, método financiero, método de evaluación rápida de la productividad y análisis envolvente de datos (Agroimagen, 2012); sin embargo, estos métodos resultan inoperables debido a que requieren de al menos dos periodos completos de evaluación para generar un índice de productividad.

5.6 Análisis estadístico.

Las variables de respuesta se analizaron con un diseño completamente al azar bajo el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3.$$

$$j = 1, 2, 3 \dots 40.$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta en el i ésimo tratamiento de la j ésima repetición.

μ : Media general

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (niveles de levadura)

E_{ij} : Error aleatorio

Las bases de datos se analizaron mediante el estadístico PROC GML, (SAS, 1998) y para la comparación de medias entre tratamientos se realizó con el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Consumo de alimento

Esta variable evaluada no arrojó diferencias cuando ($p \geq 0.05$), como se puede apreciar en el Cuadro 5 con los siguientes porcentajes de inclusión: 2.5, 3 y 3.5 % de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dieta para pollos en las etapas de iniciación y finalización. Sin embargo, en el T3 (3.5 %) se observa mayor consumo en el promedio de ambas etapas, en comparación con los tratamientos 1 y 2. También se puede observar que en la semana 4 y 7 hay diferencias ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos siendo el T1 y T3 el de mayor consumo de alimento en esas respectivas semanas, aunque en el promedio del consumo acumulado el T3 es quien mayor consumo de alimento tuvo entre los tratamientos, de manera numérica.

En un experimento similar, Medina *et al.*, (2014) reportó que no hubo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en el consumo de alimento en la semana cuatro para los pollos que recibieron el tratamiento 4 (1,0 kg ton⁻¹ de la dieta), los cuales consumieron entre 4 y 7% más alimento que los pollos de los tratamientos 1, 2 y 5; no se observó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos, resultados con los de la presente investigación; debido a que no arrojaron diferencias ($p \geq 0.05$) para esta variable, a pesar que los niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* son superiores a los de la presente investigación.

Cuadro 5. Consumo de alimento promedio semanal (g animal⁻¹) en las etapas de iniciación-finalización.

Etapas	Semana	T1	T2	T3	E.E.M
Iniciación	1	107.76 b	110.13 b	118.06 a	2.36
	2	295.76 a	300.43 a	323.26 a	11.69
	3	382.73 b	382.70 b	422.83 a	6.63
	4	561.93 a	448.33 c	532.93 b	6.56
Finalización	5	523.60 a	582.20 a	599.27 a	34.26
	6	586.73 b	646.46 a	634.20 a	5.76
	7	571.20 c	648.40 b	675.73 a	10.62
	8	650.86 b	666.66 a	669.00 a	5.39
Promedio		460.07 a	473.16 a	496.91 a	193.73

Diferentes literales (a, b y c) indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$)

6.2 Ganancia de peso

Los resultados obtenidos de la variable evaluada se pueden apreciar en el Cuadro 6 donde se observa el efecto de la inclusión de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en dos diferentes etapas, cabe destacar que no se encontraron diferencias significativas cuando ($p \geq 0.05$) de los tratamientos con diferentes niveles de levadura, sin embargo, en las semanas 5, 6 y 7 se puede apreciar que si hay diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, probablemente la causa de esta diferencia en la etapa de finalización se puede atribuir a la lenta colonización de *Saccharomyces cerevisiae* en el tracto digestivo de las aves y se ve reflejada en la etapa de finalización y con el tratamiento de mayor porcentaje de inclusión., como lo mencionan Churchil *et al.*, (2000) al suministrar el aditivo en los siguientes porcentajes de inclusión 0.1 y 0.2 % de cepa de *Sc* viva, agregada a la formulación para pollos, las aves que se les proporcionó los niveles más altos del probiótico, revelaron una mejora en las variables productivas GDP y CAL.

En los resultados observados en la presente investigación el T3 (3 % de levadura de cerveza) mostró mayor ganancia de peso numéricamente en comparación con T1 y T2; los resultados en la etapa de iniciación no concuerdan con lo mencionado en la literatura como lo menciona Cuca, (2009) donde los pesos para la semana 4 debieron ser de 1 kg (etapa de iniciación) y para la semana 8 (etapa de finalización) de 2.5 kg aproximadamente, por lo cual se le atribuyen dichos resultados a la genética de las aves que no favorece la potencialización de la dieta suministrada.

Cuadro 6. Ganancia de peso promedio (g animal⁻¹) en pollos de engorde en dos diferentes etapas.

Etapa	Semana	T1	T2	T3	E.E.M
Iniciación	1	68.56 a	72.20 a	72.06 a	2.80
	2	91.26 a	93.53 a	94.06 a	1.25
	3	117.60 b	117.26 b	126.00 a	1.70
	4	167.13 b	210.10 a	211.93 a	8.89
Finalización	5	322.73 c	349.93 b	362.13 a	3.74
	6	426.93 b	384.53 c	445.33 a	5.60
	7	456.66 c	472.06 b	489.73 a	5.82
	8	478.46 a	482.26 a	484.06 a	6.35
Promedio		266.17 a	272.73 a	285.66 a	174.58

Las literales (a, b y c) indican diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0.05$)

6.3 Conversión alimenticia

Se puede apreciar en el cuadro 7 el efecto de la levadura en la variable evaluada, CA, se puede observar que no se mostró diferencia ($p \geq 0.05$) por efecto de la inclusión de los 3 niveles de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (2.5, 3 y 3.5 %); sin embargo, hay diferencia entre los tratamientos en las semanas 4, 6 y 7 respectivamente.

También se puede observar que los valores de las conversiones se ven disminuidas conforme avanzaba el periodo semanal durante la fase experimental, ya que las conversiones para la semana 8 por los tratamientos 1, 2 y 3 son de 2.12, 2.02 y 2.09 respectivamente, y según la literatura para esta edad la conversión debe ser de 2.24 mencionado por Cuca, (2009).

Los resultados concuerdan con la investigación de Gao et al. (2008) y de igual manera lo reportado con Paryad y Mahmoudi (2008) encontraron que las conversiones alimenticias tendieron a mejorar a medida que aumentaron el nivel de inclusión de levadura en la dieta, al igual que en la presente investigación.

Cuadro 7. Conversión alimenticia de pollos de engorda en dos diferentes etapas.

Etapas	Semana	T1	T2	T3	E.E.M
Iniciación	1	1.57 a	1.52 a	1.64 a	0.07
	2	3.24 a	3.21 a	3.43 a	0.11
	3	3.25 a	3.26 a	3.36 a	0.05
	4	3.36 a	2.13 c	2.52 b	0.12
Finalización	5	1.62 a	1.66 a	1.65 a	0.09
	6	1.37 b	1.68 a	1.42 b	0.02
	7	1.25 b	1.37 a	1.38 a	0.03
	8	1.36 a	1.38 a	1.38 a	0.02
Promedio		2.12 a	2.02 a	2.09 a	0.87

No hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \geq 0.05$)

6.4 Análisis económico de las dietas utilizadas para la engorda de pollos con diferentes porcentajes de inclusión de levadura

El costo promedio de producción está representado en diferentes rubros, la correcta alimentación funge como la principal, sin dejar fuera la mano de obra, combustibles, fármacos e instalaciones (Langemeier *et al.*, 1992).

Como se puede observar en el (Cuadro 8), al elaborar 100 kg de alimento para la etapa de iniciación con la inclusión de los diferentes porcentajes de levadura no hay un aumento significativo en el costo de la dieta con la adición de dicho aditivo, en el T1 el costo por kilogramo de alimento es de \$8.13 (T1), \$8.15(T2) y \$8.16(T3) es decir, en 100kg de alimento formulado la diferencia es de \$10 si no se utilizara la levadura en la formulación, siendo mayor el beneficio que aporta en el comportamiento productivo de las aves durante la etapa de iniciación.

Cuadro 8. Análisis financiero dieta etapa de iniciación

Insumos	T1		T2		T3		
	Precio*kg	Cantidad/ 100kg	Precio	Cantidad/ 100kg	Precio	Cantidad/ 100kg	Precio
Sorgo	\$4.80	58.250	\$279.60	58.200	\$279.36	58.150	\$279.12
P. Soya	\$9.50	35.000	\$332.50	35.000	\$332.50	35.000	\$332.50
Aceite de soya	\$28.00	2.500	\$70.00	2.500	\$70.00	2.500	\$70.00
Metionina	\$90.00	0.300	\$27.00	0.300	\$27.00	0.300	\$27.00
Lisina	\$75.00	0.250	\$18.75	0.250	\$18.75	0.250	\$18.75
Treonina	\$105.00	0.100	\$10.50	0.100	\$10.50	0.100	\$10.50
Triptófano	\$160.00	0.100	\$16.00	0.100	\$16.00	0.100	\$16.00
CaCO3	\$1.50	1.400	\$2.10	1.400	\$2.10	1.400	\$2.10
Ortofosfato	\$18.00	1.350	\$24.30	1.350	\$24.30	1.350	\$24.30
Premezcla Vit.	\$100.00	0.100	\$10.00	0.100	\$10.00	0.100	\$10.00
Premezcla min.	\$100.00	0.100	\$10.00	0.100	\$10.00	0.100	\$10.00
Sal	\$5.00	0.200	\$1.00	0.200	\$1.00	0.200	\$1.00
Biotetox	\$18.00	0.100	\$1.80	0.100	\$1.80	0.100	\$1.80
Levadura	\$38.00	0.250	\$9.50	0.300	\$11.40	0.350	\$13.30
Costo por kg.			\$8.13		\$8.15		\$8.16

*Precios obtenidos de los mercados de insumos aledaños y regionales al lugar de realización.

Como se puede observar en el (Cuadro 9), en la etapa de finalización no hay un aumento significativo en el costo de la dieta, el costo por kilogramo de alimento es de \$8.77(T1), \$8.79(T2) y \$8.80(T3) es decir, en 100kg de alimento formulado la diferencia es de \$13 si no se utilizara la levadura en la formulación.

Cuadro 9. Análisis financiero dieta etapa de finalización

Insumos	T1		T2		T3		
	Precio* Kg*	Cantidad/ 100kg	precio	Cantidad/ 100kg	Precio	Cantidad/ 100kg	Precio
P. Soya	\$9.50	25.00	\$237.50	25.00	\$237.50	25.00	\$237.50
Sorgo	\$4.80	47.00	\$225.60	47.00	\$225.60	47.00	\$225.60
Maíz molido	\$5.00	20.00	\$100.00	20.00	\$100.00	20.00	\$100.00
A. Común	\$28.00	3.50	\$98.00	3.50	\$98.00	3.50	\$98.00
Metionina	\$90.00	0.16	\$14.40	0.16	\$14.40	0.16	\$14.40
Lisina	\$75.00	0.8	\$60.00	0.8	\$60.00	0.8	\$60.00
Treonina	\$105.00	0.12	\$12.60	0.12	\$12.60	0.12	\$12.60
Triptófano	\$160.00	0.40	\$64.00	0.40	\$64.00	0.40	\$64.00
CaCO3	\$1.50	1.50	\$2.25	1.50	\$2.25	1.50	\$2.25
ortofosfato	\$18.00	0.60	\$10.80	0.60	\$10.80	0.60	\$10.80
Prem. Vita.	\$200.00	0.20	\$40.00	0.20	\$40.00	0.20	\$40.00
Sal	\$5.00	0.40	\$2.00	0.40	\$2.00	0.40	\$2.00
Levadura	\$38.00	0.25	\$9.50	0.30	\$11.40	0.35	\$13.30
Costo por kg.			\$8.77		\$8.79		\$8.80

*Precios obtenidos de los mercados de insumos aledaños y regionales al lugar de realización.

Finalmente, para obtener la relación del beneficio-costo (Cuadro 10), se procede a obtener: 1). - El costo total de la alimentación, además la inversión inicial (compra de animales); 2). - El ingreso de venta en pie de los animales al final de periodo, tomando el precio de promedio de venta de la zona conurbada, de \$35.00 pesos M/N (SNIIM, 2019).

La regla de aprobación de una inversión bajo el criterio de la relación B-C, parte de la premisa de que los beneficios deben exceder siempre a los costos, es decir, si el resultado es mayor que 1 el proyecto es viable; por el contrario, si la relación es menor que 1, el proyecto no es capaz de cubrir la totalidad de sus gastos, por lo que la rentabilidad del proyecto se muestra desfavorable. Si la B-C es igual a 1 se considera que los beneficios y los costos se igualan, por lo tanto, solo se cubre el costo mínimo, atribuible a la tasa de descuento (Valdez et al., 2010).

Al sustituir los valores en la relación costo-beneficio queda se la siguiente manera T1, T2 y T3:

$$BC = \frac{2290}{1262} \quad BC = \frac{2235}{1233} \quad BC = \frac{2399}{1312}$$

El resultado es: T1= 1.81, T2=1.81 y T3=1.82 indicando una viabilidad en la realización de este proyecto de investigación, esto quiere decir que por cada peso de la inversión se obtiene ¢ 18, aplicando la regla de aprobación, este proyecto es rentable ya que se recupera el dinero invertido y además tenemos ¢ 18 de ganancia por cada peso invertido.

Cuadro 10. Comparación de inversión vs ingresos en el experimento realizado

Concepto	T1	T2	T3
Animales	\$300	\$300	\$300
Dieta\$	\$933	\$962	\$1012
Inversión neta	\$1233	\$1262	\$1312
Ingresos netos			
Venta en pie \$35	\$2235	\$2290	\$2399
BC=Ing.N/Inv.N	1.81	1.81	1.82

*Precios obtenidos de los mercados de insumos aledaños y regionales al lugar de realización.

VII. CONCLUSIÓN

Con base en los objetivos y resultados obtenidos en esta investigación se concluye lo siguiente:

Los porcentajes de levadura incluidos en la presente investigación, no hubo efecto en las variables productivas, es decir, no incrementó la ganancia de peso en las etapas de iniciación y finalización, sin embargo, de manera numérica el tratamiento 3 obtuvo la mayor respuesta productiva.

En relación al beneficio-costos, el tratamiento 3 es óptimo con un BC=1.82 indicando una viabilidad en la realización de este proyecto de investigación.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, 2011 E. Engormix.com Beneficios del uso de levaduras en rumiantes ¿Mito o realidad? Lesaffre Feed Additives. Heredia, Costa Rica.
- Anon, A. 2005 Nova norma paulista para vinhaça Norma Técnica CETESB - P4.231 (Versão Janeiro/2005) Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola.
- AVIAGEN. 2009. Guía de manejo de pollo de engorde. Huntsville, U.S.A.
- AVIAGEN. (2018). Historia de AVIAGEN. 10 de agosto de 2018, de AVIAGEN Sitio web: <http://es.aviagen.com/about-us/global-security-of-supply/>
- Ávila G., E. 1990. Alimentación de las aves. Segunda edición. Editorial Trillas. México, D.F. 17- 25 pp.
- Bindels, L.B., N.M. Delzenne, P.D. Cani & J. Walter. 2015. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol., 12(5): 303-310.
- Bindels, L.B., E.M. Dewulf & N.M. Delzenne. 2013. GPR43/FFA2: physiopathological relevance and therapeutic prospects. Trends Pharmacol. Sci., 34(4): 226-232.
- Bergogne, 1995 E. Impact écologique de l'antibiothérapie. Place des microorganismes de substitution dans le controle des diarrhées et colites associées aux antibiotiques. Presse Méd. 24: 145-56.
- Belcher, A. 2005. The world looks to higher technology to advance fuel ethanol production into the 21st Century Int Sugar J 103 (1275):196-199.
- Bohinsky, R. C. 1998. Bioquímica. Editorial Pearson. 5ª edición. México. 678 pp.
- Brown GD. Dectin-1: a signalling non-TLR pattern-recognition receptor. Nat Rev Immunol. 2006;6:33-43.

- Butt M, Tahir-Nadeem M, Khan M, Shabir R, Butt M. Oat: unique among the cereals. *Eur J Nutr.* 2008;47(2):68-79.
- Castro Marlice y Fernando Rodriguez. Levaduras: Probióticos y Prebióticos que Mejoran la Producción Animal. *Revista Corpoica Vol 6 No. 1. Año 2005.*
- CINCAP. 2012 Centro de Información Nutricional de la Carne de Pollo. Buenos Aires, Argentina.
- Churchil, R., Mohan, B., Viswanathan, K., 2000. Effect of supplementation of broiler rations with live yeast culture. *Cheiron* 29 (1-2): 23-27.
- Cuca G. M., E. Avila G. y A. Pro M. 1990. Alimentación de las aves. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México. 72 pp.
- Cuca G. M., 2009. Alimentación de aves. Departamento de Zootecnia. Universidad Autonoma de Chapingo 103-141 pp.
- Chacón, A. 2004 Perspectivas actuales de la proteína unicelular (scp) en la agricultura e industria. *Agronomía mesoamericana* 15(1): 93-106.
- Czop JK, Austen KFA. α -glucan inhibitable receptor on human monocytes: its identity with the phagocytic receptor for particulate activators of the alternative complement pathway. *J Immunol.* 1985;134(22):588.
- De Blas C. y G. Mateos. 1991. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Editorial y Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España. 263 pp.
- De Vrese, M. & J. Schrezenmeir. 2008. Probiotics, prebiotics, and synbiotics. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.*, 111: 1-66.
- Dildey, D., K. Sellars, M. Burrill, J. Tree, K. Newman & K. Jacques. 1997. Effect of mannan oligosaccharide supplementation on performance and health of Holstein calves. *J. Dairy Sci.*, 80(Suppl. 1): 188.

- Dongowski G, Huth M, Gebhardt E, Flamme W. Dietary fiber-rich barley products beneficially affect the intestinal tract of rats. *J Nutr.* 2002;132(12):3704-14. Epub 2002/12/07.
- Finucane, M., P. Spring & K. Newman 1999. Incidence of mannose-sensitive adhesions in enteric bacteria. *Poult. Sci.*, 78(Suppl. 1): 139.
- Fuller R. Probiotics in man and animals. *J Appl Bacteriol.* 1989;66(5):365-78. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
- Franklin, S.T., M.C. Newman, K.E. Newman & K.I. Meek. 2005. Immune parameters of dry cows fed mannan oligosaccharide and subsequent transfer of immunity to calves. *J. Dairy Sci.*, 88(2): 766-775.
- García, J; Suarez, M. A; Domenech, F.L; Blanco, G.C; Santiesteban, C.M. a *Levadura Saccharomyces*. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Tercera Edición. Capítulo 4.1, pág.197 -201. (2000).
- García, J.; Sáenz, T. 2000. *Levadura Saccharomyces*. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Tercera Edición. Capítulo 4.12, pág.239-242.
- Gibson, G.R. & M.B. Roberfroid. 1995. Pharmaceutiques, U.D.L. dietary modulation of the human colonie microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125: 1401-1412.
- González, H. 2003. BG-Mos, un producto de paredes celulares de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) para alimentación de animales y peces.
- Hernández, D.R. 1999. Efecto de un cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* en consumo, digestibilidad y variables ruminales en borregos alimentados con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) cosechado a dos intervalos de rebrote. Tesis de maestria en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo Méx.74 p.
- IBRO. 2002. Guía de manejo de pollos. Quito, Ecuador.

INA (Instituto Nacional Avícola), 2013. Producción Nacional de carne de pollo.

INEGI., 2009. Marco Geoestadístico municipal. Versión 3.1. Conjunto de datos de uso del suelo y vegetación.

Jaskari J, Kontula P, Siitonen A, Jousimies-Somer H, Mattila-Sandholm T, Poutanen K. Oat beta-glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus strains. Appl Microbiol Biotechnol. 1998;49(2):175-81. Epub 1998/04/16.

Kontula P, Jaskari J, Nollet L, De Smet I, von Wright A, Poutanen K, et al. The colonization of a simulator of the human intestinal microbial ecosystem by a probiotic strain fed on a fermented oat bran product: effects on the gastrointestinal microbiota. Appl Microbiol Biotechnol. 1998;50(2):246-52. Epub 1998/10/09.

Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne. 6a. edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Lebron F, Vassallo R, Puri V, Limper AH. Pneumocystis carinii cell wall beta-glucans initiate macrophage inflammatory responses through NF-kappaB activation. J Biol Chem. 2003;278:25001-8.

Lescheid DW. 2014. Probiotics as regulators of inflammation: a review. FFHD. 2014;4(7):299-311

Leimer, K.H; Finguerut, J.2005. Alternatives for the use of dried yeast and its products. Proceedings of the XXVth Congress of the International Society of Sugar Cane

Technologists. (Hogarth, DM ed) ATAGUA, Guatemala City, Guatemala.

Li, P., G.S. Burr, D.M. Gatlin, M.E. Hume, S. Patnaik, F.L. Castille & A.L. Lawrence. 2007. Dietary supplementation of short-chain fructooligosaccharides influences gastrointestinal microbiota composition and immunity characteristics of Pacific white shrimp,

Lopez- Ferrer, S., M. D. Baucells, A. C. Barroeta, and M. A. Grashorn. 2001. n- 3 enrichment of chicken meat. Use of very long- chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. Poultry Science 80: 741-752.

Lilly DM, Stillwell RH. Growth promoting factor produced by microorganisms. Science. 1965; 147(3659):747-8. doi: <https://doi.org/10.1126/science.147.3659.747>

Matsuzaki T, Chin J. Modulating immune responses with probiotic. Immunol Cell Biol. 2000;78(1):67-73. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1711.2000.00887.x>

Medina, N. M. et al. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia (2014), 61(3):270 desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano <http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46873>

Morales E., A. y E. Ávila G. 1993. Evaluación de diferentes niveles de energía en dietas para pollos de engorda. Reunión Anual de Investigaciones Pecuaria. México, Guadalajara, Jal. 67-72 pp.

Morales et al 2013. Adición de ácidos grasos omega tres en la carne de pollo con aceite de atún. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente. Vol. 13 No. 26. Págs. 87-98

Mountzouris KC, Tsitrsikos P, Palamidi I, Arvaniti A, Mohnl M, Schatzmayr G, Fegeros K. Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal

- microflora composition. *Poult Sci.* 2010;89(1):58-67. doi:
<https://doi.org/10.3382/ps.2009-00308>
- Newman Kyle. , (2002) Cómo funcionan los Mananos oligosacáridos en la producción animal. *Feeding Times*
- Norh, M. O., y D. D. Bell. 1993. Manual de producción avícola. Tercera Edición. Ed. El Manual Moderno. México, D. F. 145 pp.
- NRC, Nutrient Requirements of Poultry, 1996, National Research Council, 9a. ed. National Academic Press, Washington DC
- Pedroso M, Camps DM, Lavielle J, Correa H, Soler Dulce M. Formulación de β 1-3 glucano particulado lineal (β 1-3 gpl): Digestibilidad e impacto sobre indicadores de salud en pollos HE21EB34). *Revista Electrónica de Veterinaria RedVet.* 2005;Vol. VI, N° 9. URL:
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090505.html>
- Snart J, Bibiloni R, Grayson T, Lay C, Zhang H, Allison GE, et al. Supplementation of the diet with high-viscosity beta-glucan results in enrichment for lactobacilli in the rat cecum. *Applied Environm Microbiol.* 2006;72(3):1925-31. Epub 2006/03/07.
- Spring, P., Finucane, M., Y Newman, K. (1999). Incidence of mannose-sensitive adhesions in enteric bacteria. *Poultry Science* 78 (Suppl. 1).
- Ochoa,2004 J.L.; Vázquez, R. Las levaduras marinas como herramientas científicas y biotecnológicas. Número Especial I, 39-50.
- O'Keefe, S. F., F. G. Proudfoot, and R. G. Ackman. 1995. Lipid oxidation in meats of omega- 3 fatty acids- enriched broiler chickens. *Food Research International* 28: 417-424.
- Ofek, I., D.L. Hasty & R.J. Doyle. 2003. Bacterial adhesion to animal cells and tissues. *Am. Soc. Microbiol.*, 416 pp.

- Ortega R. M. 2002. Importancia de las grasas en la alimentación. Unilever. 2-7pp.
- Otero, M.A. Proteína unicelular para el consumo humano (Luis O. Galvez ed) Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba (1989).
- Otero, M.A.1995; Vasallo, M.C.; Verdecia, O.; Betancourt, D. Obtención de aditivos alimentarios a partir de levadura panadera Ciencia Tecnol Aliment 5 (1-2) 62.
- Otero, M.A. Levaduras residuales. En: Las levaduras. Realidad y potencialidades (Otero, M.A ed) pp. 87-98. <http://www.undp.org>. (2005).
- Otero, M.A., Almazán, O.A. Las levaduras como base de una industria. Diferentes aplicaciones Editorial Académica Española, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. Heinrich-Böcking-Str. 6-8 D - 66121 Saarbrücken ISBN 978-3-659-02736-9 (2012)
- Pérez, J.A. 2006. Color en: Ciencia y Tecnología de Carnes. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.
- Pérez,2007 H. Evaluación y selección de cepas de levaduras con características probióticas para uso como aditivo alimentario. Tesis presentada en opción del Título Académico de Maestro en Ciencias Microbiológicas Mención en Fermentaciones. La Habana.
- Ponce, E. 2006. Aroma en: Ciencia y Tecnología de Carnes. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.
- Ringø, E., R.E. Olsen, T.Ø. Gifstad, R.A. Dalmo, H. Amlund, G.I. Hemre & A.M. Bakke. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. Aquacult. Nutr., 16(2): 117-136.
- Rojas, A. 1995. Obtención de proteína unicelular a partir de residuos de destilería. Proyecto de graduación. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica.
- SAS, (Statical Analisis Sistem).1998. SAS User's Guide Stadistics SAS INST.Inc. North Carolina USA. 1028 p.
- Steel, R,G.D, y J.H. Torrie, 1988.Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ªedición. Edit.McGraw-Hill.Mexico, D.F. Pp

SNIIM, S. E. (05 de Abril de 2019). SE. SECRETARIA DE ECONOMIA. Recuperado el 08 de Abril de 2019, de Comparativa de Precios de la Carne de Res.: <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/>

USDA. (18 de abril 2018). Livestock and Poultry: World Markets and Trade. EUA. Office of Global Analysis Recuperado de https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf

UNA. (10 de marzo de 2018). Situación de la avicultura mexicana. México, DF. Unión Nacional de avicultores Recuperado de <http://www.una.org.mx/index.php/panorama/situacion-de-la-avicultura-mexicana>

UNA. 2016. Compendio de indicadores económicos del Sector Avícola.

Valinote, A.C. 2011 Uso de Cultivos de levadura en la nutrición animal. Alltech Brasil. Sitio argentino de Producción Animal. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>. Consultado, diciembre 2018.

Valdez V., I., Acevedo B., J. A., & Hernández Santiago, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in México. *Renew. Sust. Energy*, 2147-2153.

Volman JJ, Mensink RP, Ramakers JD, de Winther MP, Carlsen H, Blomhoff R, et al. Dietary (1→3), (1→4)-β-d-glucans from oat activate nuclear factor-κB in intestinal leukocytes and enterocytes from mice. *Nutr Res*. 2010;30(1):40-8.

Walker, 1998 G.M. *Yeast physiology and biotechnology*, John Wiley and Sons (ed.), Chidester. Arkansas. EE. UU.

Walker, GM (1998). *Fisiología y biotecnología de la levadura*. John Wiley e hijos.

Wang Y, Zhang L, Li Y, Hou X, Zeng F. Correlation of structure to antitumor activities of five derivatives of a β -glucan from *Poria cocos sclerotium*. *Carbohydrate Res.* 2004;339(15):2567-74.

Wood PJ. Cereal β -glucans in diet and health. *J Cereal Sci.* 2007;46(3):230-8.

Yamada, E.A.; Alvim, I.D.; Sgabieri, V.C. Composição centesimal e valor protéico de levedura da fermentação etanólica e seus derivados *Rev Nutr, Campinas* 16 (4): 423-432. (2003)

Yasuda M, Xu X, Mizuno M, Ashida H. β -Glucan from *Saccharomyces cerevisiae* reduces lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW264.7 macrophages. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects.* 2012;1820(10):1656-63.

Zinser, E. 1996; Daum, G. Isolation and biochemical characterization of organelles from the yeast *S. cerevisiae*. *Yeast* 11: 498-636.

VII. ANEXOS