

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

E.A.P. DE MEDICINA VETERINARIA

**Evaluación de la harina de yacón (*Smallanthus
sonchifolius*) como prebiótico en dietas de pavos de
engorde**

TESIS

para optar el título profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Henry Milton Gonzáles Mengoni

Lima – Perú

2009

DEDICATORIA

*Dedicación enorme merece
de este humilde servidor
de cuyos pasos emerge,
solo fuerza y pundonor,
MADRE santa que todo lo enalteces
me diste el ser y forjaste en mí,
valentía que nunca fenece
Doña OLGA REBECA
es vuestro nombre
Y os juro por las estrellas
en el firmamento
enaltecer su gracia y porte.*

*MAESTROS como ejemplo os digo
siempre serán para mí
como un faro en el horizonte
EDGARDO FIGUEROA,
FERNANDO CARCELÉN,
CÉSAR GAVIDIA,
TERESA ARBAIZA
y en especial por su gran corazón
y renombre veréis
que ANTONIO AMPUERO,
SERGIO CUEVA
y JUAN ESPINOZA BLANCO
siempre serán modelos
de distinción ,honor y gloria
camino esculpido ya
por el viejo Sócrates de Alópece.*

*De mi FAMILIA de la cual orgullo siento
mis hermanos son los mejores
BALINA LAURA y JUAN JOSÉ
son desde entonces y desde siempre
sangre de mi sangre
y baluarte de nuestra amada madre.
Madurez de mi sobrino,
JEAN CARLOS espero,
ya que de mi madre y de su madre,
debe de encontrar la fuente de
sabiduría
y cariño que forjarán su espíritu
a nuevos horizontes.*

*De mis distinguidos amigos
podría decirlos,
Que son como los pilares del templo,
allá en el sagrado Delfos,
de cuyo Oráculo encuentro
respuestas del mismo Pitio fulgurante,
IVAN GORDILLO, MARIO SOTO,
NIQUE MEDRANO, BETTY AYÓN
y en especial a MIRKO CASTRO
y NADIA FUENTES
que gracias a su apoyo
allanaron el camino de la ciencia
de la cual en Ogaño recibo
los frutos del Valle de las Hespérides.*

*En el bosque encantado
paseaba aquella sublime
beldad,
de la que nunca había
conocida jamás,
sus cabellos negros
como la noche estival,
ondeados por la sublime brisa
de bóreas y céfiros al despertar
recogiendo con sus delicadas
manos
tulipanes, azucenas y
orquídeas
sin cesar.*

*De tez blanca como la nieve
invernal
reflejando la pureza de su
corazón
por donde quiera que va.
En las cristalinas aguas de un
río
ella juguetea con sus
piecitos
con muchas ansias por
refrescar
el Dios del río con su presencia*

agradecido está.

*Por ser hija de la madre
naturaleza*

*licencia por sus reinos
le es permitido estar.*

*Raudo Cupido que siempre
en las alturas está,
extrae de su aljaba
una saeta con punta de oro
para poder asestar
en mi humano corazón
alegría sin igual.*

*La diosa del amor me entregó
tres manzanas de su mágico
jardín*

*dárselos a ella fue
mi misión fundamental.*

*En ellas estaba escrito
con buril artesanal
constancia, lealtad y pasión
tres maravillosas virtudes
que los dioses suelen entregar
a aquellas almas*

que desean el amor alcanzar.

En la alegría de tu faz

*Mi vida entera a VERÓNICA
ofreceré*

porque en ti encuentro

el manantial eterno

que a mi ser ennoblecerá.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Producción de pavos	3
2.1.1. Sistema de crianza y manejo de pavos	5
2.1.2. Alimentación de pavos comerciales	5
2.1.3. Importancia de la Población Microbiana	7
2.2. Uso de aditivos en la alimentación de pavos comerciales	7
2.2.1. Promotores del crecimiento	8
2.2.2. Zinc Bacitracina	11
2.2.3. Probióticos	11
2.2.4. Prebióticos	12
2.2.5. Acción de los prebióticos sobre la microflora intestinal	13

2.2.6. Sustancias utilizadas como prebióticos	18
2.2.7. Importancia de los prebióticos en avicultura	20
2.2.8. Alimento funcional	21
2.3. El yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	22
2.3.1. Origen	22
2.3.2. Clasificación taxonómica	23
2.3.3. Descripción botánica	24
2.3.3.1. Raíz	24
2.3.3.2. Tallo	25
2.3.3.3. Hojas	26
2.3.3.4. Flores	26
2.3.3.5. Frutos	26
2.3.3.6. Semillas	27
2.3.4. Composición química	27
2.3.4.1. Agua	27
2.3.4.2. Carbohidratos	28
a. Fructooligosacáridos (FOS)	29
b. Inulina	30
2.3.4.3. Fibra y otros componentes	31
2.3.5. Usos del yacón	32
2.3.6. Situación Actual del Yacón	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Lugar de estudio	33
3.2. Animales	33

3.3. Materiales	34
3.4. Metodología	35
3.4.1. Método experimental con los animales	35
3.4.2. Evaluación química de los nutrientes de los alimentos	36
3.4.3. Formulación de la ración	36
3.4.4. Preparación de la harina de yacón	36
3.4.5. Parámetros evaluados	37
3.5. Análisis de datos	38
IV. RESULTADOS	39
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIÓN	47
VII. RECOMENDACIÓN	48
VIII. BIBLIOGRAFÍA CITADA	49
IX. APÉNDICES	56
Apéndice 1. Curvas de crecimiento de la semana 10 hasta la semana 14 para cada tratamiento	57
Apéndice 2. Consumo de alimento semanal de la semana 10 hasta la semana 14 por cada tratamiento	58
Apéndice 3. Efecto de la dosis de yacón sobre el peso vivo y el consumo de alimento semanal	59
Apéndice 4. Contrastes Polinómicos de la dosis de Yacón para el peso vivo y el consumo de alimento semanal	60
Apéndice 5. Ganancia de peso semanal de la semana 11 hasta la semana 14 por cada tratamiento	61
Apéndice 6. Efecto de la dosis de yacón sobre la ganancia de peso semanal	62

Apéndice 7.	Contrastes polinómicos de la dosis de Yacón para la ganancia de peso semanal	63
Apéndice 8.	Efecto de la dosis de Yacón sobre el consumo de alimento acumulado, la ganancia de peso acumulada y la conversión alimenticia de la semana 10 hasta la semana 14	64
Apéndice 9.	Contrastes polinómicos de la dosis de yacón para el consumo de alimento acumulado, la ganancia de peso acumulada y el índice de conversión alimenticia de la semana 10 a la semana 14	66
Apéndice 10.	Requerimientos nutricionales para pavos de carne (engorde mixto de 14 semanas)	66
Apéndice 11.	Especificaciones nutricionales para dietas de pavos de carne B.U.T.	67
Apéndice 12	Situación de la exportación de yacón y sus derivados	68
Apéndice 13	Exportación de Yacón y sus derivados según tipo de presentación 2006	69
Apéndice 14.	Exportaciones según tipo de presentación - Yacón y sus derivados	70
Apéndice 15.	Costo de Producción para una Hectárea de Yacón comercial en Cajamarca	71
Apéndice 16.	Estimación de costo de kilo de harina de Yacón, empleando un modelo de Obtención de costos de producción de harina de camote de una planta procesadora	73
Apéndice 17	Formulación de dietas al mínimo costo	75
Apéndice 18.	Análisis proximal de los alimentos	80

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
Cuadro 1.	Contenido nutricional de la carne de pavo	4
Cuadro 2.	Relación de plantas con mayor contenido de fructanos	20
Cuadro 3.	Composición química del yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	28
Cuadro 4.	Contenido de carbohidratos en la raíz del yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	29
Cuadro 5.	Tabla nutricional del yacón (100gr de raíz fresca sin cáscara)	31
Cuadro 6.	Porcentaje de azúcares en raíces reservantes de Yacón (en relación al peso seco). Evaluación de diez cultivares de yacón de diferentes procedencias: Argentina (1), Bolivia (3), Ecuador (1) y Perú (5).	31
Cuadro 7.	Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para los pesos vivos (kg) de los pavos en el período de la semana diez hasta la semana catorce.	40
Cuadro 8.	Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para el consumo de alimento semanal (kg) de los pavos en el período de la semana diez hasta la semana catorce	41
Cuadro 9.	Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para la ganancia de peso semanal (kg) de los pavos en el período de la	42

	semana diez hasta la semana catorce	
Cuadro 10.	Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para el consumo de alimento acumulado(kg), la ganancia de peso acumulada (kg) y la conversión alimenticia de los pavos hasta la semana catorce	42
Cuadro 11.	Mortalidad registrada hasta la semana catorce	42

LISTA DE FIGURAS

N°	Título	Pág.
Figura 1.	Estructura química de la sucrosa (GF) y fructooligosacáridos (GF _n y F _m). G=glucosil; F=fructosil	19
Figura 2.	La planta de yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	24
Figura 3.	Raíces tuberosas o reservantes del yacón	25

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del yacón como prebiótico en la dieta de pavos machos de línea BUT (British United Turkeys). Se considera que el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), es un vegetal que contiene componentes activos fotoquímicos, cuya función más importante es la de actuar como una fuente de prebiótico; que es un ingrediente no digerible que actúa estimulando selectivamente el crecimiento de una o más bacterias benéficas, brindando efectos positivos sobre la fisiología intestinal. Además se está en la búsqueda de alternativas al empleo de antibióticos promotores de crecimiento, que actualmente algunos países están prohibiendo su uso en avicultura por la aparición de resistencia bacteriana a los antibióticos. Se utilizaron 150 pavos machos de la línea BUT de 10 semanas, asignados en forma aleatoria en cinco tratamientos (n= 30): control (sin yacón, sin antibiótico), zinc bacitracina 0.035%, harina de yacón al 0.25%, 0.50% y 0.75% (T0, T1, T2, T3 y T4). No se evidenciaron diferencias significativas en la ganancia de peso ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, sin embargo los grupos yacón 0.25% y 0.50% presentaron una ganancia mayor en 3% y 1.8% frente al control. En consumo de alimento, se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para los grupos zinc bacitracina y yacón 0.75% obteniendo consumos menores en 6% y 14% respectivamente. El índice de conversión alimenticia no fue afectado significativamente por los tratamientos ($p \geq 0.05$), sin embargo los grupos yacón 0.25% y 0.75% mostraron valores menores en 0.49%. Se concluye que la harina de yacón al 0.25% puede ser empleada como alternativa en la ración de pavos de la Línea BUT, en la etapa de engorde.

Palabras clave: Prebiótico, yacón, zinc bacitracina, consumo de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the yacon as a prebiotic on the diet of male BUT (British United Turkeys) line turkeys. The yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a vegetable that contains actives photochemical components, their function is to act as a source of prebiotics, not digestible ingredients that acts as a selective stimulator for the growing of more than one benefit bacteria, bringing to the animal positive effects on the intestinal physiology. The importance of this, is that in some countries the use of antibiotics as a growth promoter in poultry has been forbidden, so the search for new alternatives is increasing. For this study, 150 male BUT line turkeys, 10 weeks old, were assigned randomly in 5 groups of treatment (n=30): 0.035% zinc bacitracina, 0.25%, 0.50%, 0.75% yacon powder and control (not antibiotics, not yacon) (T1,T2,T3, T4, T0). Significant differences were not seen in the weight gain ($p \geq 0.05$) between treatments; nevertheless the 0.25% and 0.50% yacon powder groups showed a weight gain of 3% and 1.8% higher that the control group. In reference of the food consumption, difference ($p \leq 0.05$) where found between the zinc bacitracina and 0.75% yacon powder groups, showing less consumption on 6% and 14% respectively. The food conversion index was not affected for the different treatments ($p \geq 0.05$), nevertheless 0.25% and 0.75% yacon powder groups showed lower values in 0.49%. Whit this results, we concluded that 0.25% yacon powder can be used as an alternative on the diet of BUT line turkeys in the feeding phase.

Key words: Prebiotic, yacon, zinc bacitracin, weight gain, food consumption, food conversion rate.

I. INTRODUCCIÓN

Existe gran interés en la manipulación de la composición de la flora microbiana intestinal de los animales de producción con miras a la obtención de un régimen alimenticio más saludable, con la finalidad de aumentar tanto el número como la actividad de grupos de bacterias benéficas tales como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* que pudiesen promover propiedades saludables en el hospedador. Se tienen evidencias experimentales de que las bacterias intestinales desempeñan un importante papel en el metabolismo de la nutrición (Gabriel *et al.*, 2006).

Al inicio del empleo de los antibióticos en la alimentación animal se sustentó en que no propiciaría resistencia o que éstos actuarían sólo a nivel intestinal contra las bacterias patógenas, permitiendo la continuidad de bacterias benéficas; o que no serían absorbidos y depositados en los tejidos animales y, así, no llegarían al organismo humano. En la actualidad se sabe que ninguna de tales condiciones se cumple (Dibner y Richards, 2005), razón por la que perseverar en su empleo se torna en una actitud en contra del sentido común y de la salud pública. Sin embargo, los antibióticos han sido una de las bases que permitieron el notable desarrollo de la producción avícola. Dejar de usar antibióticos implica una importante merma productiva siendo necesario desarrollar alternativas para dejar de emplearlos sin mermar el rendimiento y la rentabilidad de las aves.

Entre las alternativas que se vienen investigando para mejorar el desempeño de la flora bacteriana intestinal se encuentran los prebióticos. Los prebióticos son ingredientes no digeribles que promueven selectivamente el crecimiento y actividad de ciertos microorganismos. Este papel es desempeñado por los carbohidratos fermentables, los cuales no son digeridos o son pobremente digeridos en el intestino delgado y estimulan el crecimiento, preferentemente de bifidobacterias y algunas bacterias grampositivas (Grajek *et al.*, 2005).

Está bien establecido que el aporte de polisacáridos no digeribles provoca una proliferación bacteriana en el intestino grueso, que también trae consigo un alargamiento del ciego. Este incremento es favorecido por la presencia de productos finales de la fermentación de los polisacáridos, como son los ácidos grasos de cadena corta (Lan *et al.*, 2005).

La incorporación de prebióticos específicos como el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), logra estimular el crecimiento de ciertos microorganismos benéficos para el hospedador. Este prebiótico puede alterar el equilibrio bacteriano intracolónico, favoreciendo el crecimiento de microorganismos benéficos (Grau y Rea, 2002).

Al existir en el mercado local una disponibilidad de variadas fuentes prebióticas que pueden emplearse en la alimentación de pavos cabría preguntarse si el empleo de una fuente prebiótica, en la dieta de pavos, mejoraría la utilización de los alimentos y propiciaría un mayor rendimiento cárnico. Para tratar de dar respuesta a tales interrogantes se ha realizado el presente trabajo de investigación con el objetivo de mejorar el rendimiento (incremento de peso y conversión alimenticia) en pavos, sustituyendo el antibiótico promotor del crecimiento por una fuente prebiótica como el yacón.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Producción de pavos

La cría y explotación del pavo constituye una especialidad en la industria avícola que técnicamente se denomina *meleagricultura*, palabra derivada de *Meleagridis gallopavo*, nombre científico del pavo (Diggins, 1975; Quintana, 1991). Esta ave ha sido incluida en la alimentación del hombre debido a sus destacadas cualidades como animal productivo: proporciona una carne peculiar y es poco exigente en su alimentación y manejo (Scholtyssek, 1970).

La producción industrial de pavos, utilizando pavos blancos de doble pechuga es una actividad que se centra principalmente en la época navideña. Sin embargo, también se ha introducido con gran aceptación el consumo de la pavita trozada, por lo que la crianza de pavos se puede realizar durante todo el año (Ciriaco, 2007). En nuestro país todavía se continúa con la comercialización de aves vivas (Lesson, 2008).

En la actualidad los pavos que se crían en explotaciones industriales ya no pertenecen a una raza determinada sino que son el producto de cruzamientos programados para la obtención de una característica productiva ventajosa, obteniéndose los llamados híbridos comerciales (Schopflocher, 1994). Se está realizando una considerable experimentación con el cruce de razas, variedades y estirpes de pavos. Los primeros resultados que se han

obtenido indican que ciertos cruces producen ejemplares de crecimiento más rápido, mejor eficiencia alimenticia y calidad superior en el esqueleto (Diggins, 1975).

En el país la crianza comercial está orientada principalmente a los pavos blancos ligeros o medianos, como las líneas Hybrid y B.U.T. (british united turkeys), que oscilan entre 5 – 7 kg para las hembras y 8 – 12 kg para los machos (Scholtyssek, 1970). Los pesos de los pavos beneficiados que tienen mayor demanda oscilan entre los 7 y 9 kg, iniciándose la campaña en el mes de Septiembre para lograr dichos pesos en un período de 12 a 14 semanas en machos y 14 a 16 semanas en hembras. También hay un pequeño porcentaje en la producción nacional que se dedica a la crianza del pavo pesado de línea Nicholas (Ciriaco, 2007).

La carne de pavo tiene un bajo contenido de grasa, es muy proteica (20 a 25% de proteína) y se puede equiparar tanto en cantidad como en calidad con la del resto de carnes. Además, su bajo contenido en colágeno facilita la digestibilidad (Scholtyssek, 1970). En el Cuadro 1 se puede apreciar el contenido nutricional de la carne de pavo.

Cuadro 1. Contenido nutricional de la carne de pavo

Tipo de carne	Proteína %	Calorías Kcal	Grasa %	Humedad %	Cenizas %	Riboflavina mg/kg	Niacina mg/kg
Pechuga							
Macho	33.5	1940	6.7	59	1.1	42	9.4
Hembra	35.0	2150	8.3	56	1.1	38	11.6
Muslo							
Macho	30.8	2240	11.2	57	1.0	94	4.1
Hembra	30.3	2300	12.1	56	1.0	86	4.1

Fuente: Scholtyssek (1970)

2.1.1.Sistema de crianza y manejo de pavos

Los pavos pueden ser apreciados como una especie modelo que demuestra la explotación total de las posibilidades ofrecidas a través de la ciencia en la crianza animal moderna (Herendy *et al.*, 2003). En este contexto, la crianza de pavos se divide en dos períodos bien marcados: la crianza propiamente dicha y el engorde. El primer período abarca desde el nacimiento del pavipollo hasta los 42 días de edad y el segundo período depende del tiempo de engorde para el peso al mercado según la demanda existente (Ciriaco, 2007).

En el período de crianza los pavipollos necesitan un buen alojamiento caliente y máximos cuidados y atención especial para no tener pérdidas significativas. Para parvadas numerosas es más conveniente el sistema de galpón con piso de cemento y una buena ventilación (Quintana, 1991). En el período de engorde las aves ya están desarrolladas y sólo deben mantenerse las buenas prácticas de manejo recomendadas para cada línea en particular (Ciriaco, 2007).

Una práctica normal de manejo en la producción comercial de pavos para la prevención de enfermedades es cambiar desde un anticoccidiano tal como monensina hacia un antibiótico promotor del crecimiento. Como práctica común virginiamicina, bacitracina y flavomicina son añadidos al alimento de los pavos para incrementar la tasa de ganancia de peso y mejorar la eficiencia alimenticia (Cox *et al.*, 2003).

2.1.2 Alimentación de pavos comerciales

La anatomía y fisiología de los distintos órganos y tejidos difiere entre pavos y pollos y estas diferencias deben tenerse en cuenta en el momento de formular las raciones. Algunas estirpes de pavos se caracterizan por su amplia pechuga y su alto porcentaje de masa muscular, por lo que es necesario que la proporción proteína:energía sea mayor que en otras aves durante las primeras semanas de vida. Además, la carne de pavo contiene más proteína

y por lo tanto más aminoácidos que la carne de pollo y su contenido en grasa y colesterol es inferior (Lázaro *et al.*, 2002).

Por otro lado, la elección del tipo de alimentación de los pavos dependerá también de la finalidad de la explotación y condiciones en que hayan de obtenerse las aves (Scholtyssek, 1970). Los pavos crecen muy rápidamente y por esta razón es muy importante una alimentación adecuada que suele ser más difícil de conseguir que la de los pollos. Aparte de los minerales y vitaminas, es imprescindible mantener un alto nivel de proteínas de primera calidad, para lo cual se puede recurrir a diversas fuentes animales y vegetales (Schopflocher, 1994). Otras referencias recomiendan alimentar a los pavipollos con migajas y posteriormente con alimento en forma de pellets y no recomiendan los alimentos en forma de harina (Quintana, 1991).

Aunque una variedad de artículos y libros clasifican a los pavos como granívoros, ellos realmente son omnívoros y no tienen preferencias alimenticias, anatomía digestiva o estrategias nutricionales que los clasifiquen como granívoros. Sin embargo, las dietas de los pavos silvestres están compuestas principalmente de plantas (Klasing, 2005). Las dietas de aves contienen actualmente maíz, soya, minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales, entre otros ingredientes. También debemos introducir fibra tanto como sea posible en las dietas de pavipollos (Duke, 1996).

Durante las primeras ocho semanas de vida los pavos necesitan raciones específicas que contengan 28% de proteína, 2% de calcio, 1% de fósforo, 0.5% de sal y una gran variedad de minerales y vitaminas. En el período de crecimiento, entre las 8 y 16 semanas de edad, los pavos necesitan raciones que contengan 20% de proteína (Diggins, 1975).

Por otra parte, la selección de aves por una incrementada tasa de crecimiento puede haber resultado inadvertidamente en cambios en el desarrollo gastrointestinal durante el desarrollo del animal. Algunos otros efectos negativos también pueden ocurrir a veces, tales como desórdenes metabólicos, pobre inmunocompetencia e incrementada susceptibilidad a los patógenos (Lan *et al.*, 2005).

2.1.3. Importancia de la población microbiana

La microflora intestinal es una parte integral del sistema digestivo de todos los animales. La cual se hace presente en el intestino delgado, 24 horas después del nacimiento en especies aviares (Naqi, 1970). Las bacterias gastrointestinales obtienen la mayor parte de su energía para reproducción y crecimiento a partir de los componentes de la dieta que son resistentes al ataque de los fluidos digestivos, o bien son absorbidos tan lentamente que las bacterias son capaces de competir con éxito por ellos (Apajalahti, 2002).

El primer mayor beneficio proveído por la microbiota normal es la resistencia a la colonización por microbios patógenos y otros no indígenas, a este fenómeno además es conocido como exclusión competitiva. En segundo lugar, estimula el desarrollo de las defensas del intestino del hospedero y tercero la microflora secreta nutrientes que están disponibles para ser usados por el hospedero, esto incluye ácidos grasos de cadena corta, aminoácidos y vitaminas tales como B y la K. (Dibner, 2005)

La mayor parte de las bacterias se encuentran del íleon en adelante, lo que significa que los nutrientes que permiten su crecimiento deben escapar a la digestión intestinal del hospedero. (Apajalahti, 2002)

Los factores que influyen en la flora intestinal son la dieta y la edad de las aves. El efecto de la dieta está en relación a las proteínas, grasas y carbohidratos, además de antibióticos y otros suplementos promotores de crecimiento. (Barnes, 1972)

2.2. Uso de aditivos en la alimentación de pavos comerciales

Los antibióticos en la alimentación, son aditivos que han sido utilizados en la producción cerca de 50 años (Dibner *et al.*, 2005), juegan un importante rol en el crecimiento previniendo las enfermedades bacteriales.

En los animales se utilizan antibióticos con tres finalidades: terapéutica, profiláctica (como en humanos) y como promotores del crecimiento, especialmente en monogástricos (aves y cerdos), disminuyendo de este modo el costo de producción (Torres, 1998)

Por variadas décadas, los antibióticos y quimioterapéuticos en dosis profilácticas han sido utilizados en el alimento de los animales por una variedad de propósitos incluyendo terapia, prevención de enfermedades y para obtener beneficios económicos en términos de mejor desempeño animal y reducidos costos de medicación. Sin embargo, hay crecientes intereses sobre el riesgo de desarrollar resistencia cruzada y múltiple a los antibióticos en las bacterias patógenas para el hombre y los animales, ligado al uso de dosis terapéuticas y subterapéuticas en los animales de abasto (Mateos *et al.*, 2002; Verdonk *et al.*, 2005).

Por otra parte, en los últimos años, se ha dedicado una gran atención a los probióticos y prebióticos o su uso combinado (simbióticos) en el mejoramiento de la salud humana y animal de una manera natural (Šušković *et al.*, 2001). La modulación de la comunidad bacteriana intestinal hacia una dirección benéfica ya sea alimentando con bacterias vivas (probióticos) o con carbohidratos especializados para estas bacterias benéficas (prebióticos) puede ser lograda cambiando la dinámica intestinal a través de las modulaciones dietéticas (Apajalahti, 2005).

2.2.1 Promotores del crecimiento

Los actuales sistemas de producción confían en los promotores del crecimiento. Con las actuales tasas de crecimiento de las aves, los efectos clásicos de los promotores del crecimiento son menos fáciles de cuantificar (Lesson, 2008), sin embargo, se piensa que los antibióticos incrementan la productividad a través de su actividad sobre la microflora gastrointestinal y son especialmente útiles en animales jóvenes donde ellos constituyen la principal herramienta para el control de enfermedades subclínicas bajo sistemas intensivos de producción (Mateos *et al.*, 2002). La producción animal ha llegado a utilizar comúnmente los antibióticos profilácticos como una medida para ayudar al animal a reducir

las bacterias perjudiciales en las regiones intestinales que son esenciales para la extracción y absorción de nutrientes (Apajalahti, 2005).

Waldroup *et al.* (1993) condujeron un estudio para evaluar la respuesta de pavos Large White machos y hembras con una suplementación dietética de 50 g/tonelada de zinc bacitracina en combinación con monensina. Esta suplementación mejoró significativamente la tasa de crecimiento en los pavos de ambos sexos. Asimismo, no hubo efectos del tratamiento dietético sobre la cantidad de aves que murieron o fueron descartadas en este estudio. No obstante, es importante destacar que los antibióticos subterapéuticos no sólo influyen en las poblaciones y actividades microbianas intestinales sino que también afectan el metabolismo animal y alteran específicamente la función intestinal (Patterson y Burkholder, 2003).

La adición de antibióticos al alimento animal a niveles subterapéuticos puede incrementar la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia mientras suprime las enfermedades endémicas. Sin embargo, hay mucho interés sobre el impacto de esta práctica sobre la salud humana. El nivel de resistencia antibiótica en los patógenos humanos está incrementándose (Cox *et al.*, 2003; Apajalahti, 2005; Dibner y Richards, 2005). Los datos publicados indican que el uso indiscriminado de los promotores de crecimiento en el alimento incrementa la supervivencia de cepas resistentes a los antibióticos utilizados en medicina humana y ofrece también la oportunidad de transferir la resistencia a otras bacterias (Mateos *et al.*, 2002; Lan *et al.*, 2005; Gabriel *et al.*, 2006).

Las primeras observaciones sobre resistencia, fueron reportados por Starr y Reynolds, 1951, quienes determinaron la presencia de bacterias coliformes resistentes a la estreptomina, luego de ser utilizada en la dieta de pavos de engorde. Otros investigadores han reportado una asociación de la resistencia a las tetraciclinas al ser empleadas como promotores de crecimiento en pollos. (Elliott and Barnes, 1959)

Posteriormente, estas preocupaciones fueron discutidas por el comité Swann en un reporte enviado al parlamento británico, en 1969, y recomendaba no utilizar en animales,

antibióticos que fueran a ser empleados en humanos, o aquellos que produjeran resistencia cruzada. (Greko, 2001).

Seguida de la prohibición de todos los promotores de crecimiento en Suiza en 1986, y la prohibición de la avoparcina y virginiamicina en Dinamarca en 1995 y 1998; la Unión Europea prohibió el uso de avoparcina en 1997 y de 4 antibióticos que permanecían su uso como promotores de crecimiento en 1999. Estos cuatro antibióticos fueron bacitracina (un polipéptido), espiramicina y tilosina (macrólidos) y virginiamicina (una combinación de estreptogramina). Quedando disponibles como promotores a 4 antibióticos (avilamicina, flavofosfolipol, monensina sódica y salinomicina) y su utilización está siendo sometida a una reevaluación (Casewell, 2003)

El Concejo de Ciencia y Tecnología Agrícola del Instituto de Medicina (1981) y el Comité de Uso de Drogas en Animales de Consumo (1998), de los EEUU, también recomendaron la reducción de antibióticos en el alimento, sin embargo no presentaban pruebas que demostrasen que se presentaran infecciones resistentes a antibióticos.

Aún se siguen utilizando como promotores de crecimiento la bacitracina, espiramicina, tilosina y virginiamicina, sin embargo algunos políticos de los Estados Unidos de América están proponiendo prohibiciones similares tomadas en la Unión Europea. (Cervantes, 2006)

La Unión Europea ha prohibido el uso de antibióticos en todos los animales desde el año 2006 y el uso de antibióticos en el alimento está siendo considerado para la eliminación o intensa regulación en otras partes del mundo (Juśkiewicz *et al.*, 2006). Esta perspectiva ha estimulado a los nutricionistas y los fabricantes de alimentos a buscar nuevas alternativas más seguras. Las alternativas primarias estudiadas incluyen la alimentación con organismos probióticos y la alimentación con componentes prebióticos (Dibner y Richards, 2005; Verdonk *et al.*, 2005; Gabriel *et al.*, 2006), que parecen ser las alternativas lógicas al uso de antibióticos y promotores del crecimiento y la clave para su uso es la dosificación temprana

de las aves. Tal tratamiento en las aves es para prevenir la colonización de patógenos (Lesson, 2008).

2.2.2. Zinc bacitracina

La bacitracina es un antibiótico que comprende al grupo de los polipéptidos cíclicos, de alto peso molecular que se obtiene a partir de *Bacillus licheniformis* o *subtilis*. (Ikai et al, 1995) La bacitracina actúa por la unión y secuestro del mensajero pirofosfato de undecaprenol (UPP) de la membrana citoplasmática bacterial (Stone, 1971). Durante la síntesis y transporte de las unidades de monómeros de los peptidoglicanos, el undecaprenol monofosfato (UP) es fosforilado a UPP. El UPP puede regresar a UP por unión a la membrana con la pirofosfatasa para permitir el transporte de subunidades alejadas. (Goldman,1972)

La bacitracina es uno de los antibióticos más ampliamente utilizados en la profilaxis y terapia en alimento de animales, particularmente en producción de broilers. En medicina humana es utilizada en aplicaciones topicales. (Goldman,1972)

2.2.3 Probióticos

Un probiótico es definido como un suplemento alimenticio microbiano vivo que beneficia al hospedador mejorando su balance microbiano intestinal (Tellez *et al.*, 2006). Puede ser un cultivo de una sola cepa bacteriana o una mezcla de diferentes cepas, que pueden ser ofrecidas como alimento a un animal para mejorar algunos aspectos de su salud. Los probióticos también son referidos como microbianos alimenticios directos (Šušković *et al.*, 2001; Griggs y Jacob, 2005).

El uso de cultivos probióticos en la industria aviar para el control de patógenos y mejoramiento del desempeño de las aves ha ganado mucha atención recientemente debido a la creciente restricción de los antibióticos como agentes promotores del crecimiento. Los organismos probióticos tales como *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Bifidobacterium* entre

otros, consisten de organismos vivos que ejercen un efecto benéfico sobre el hospedador aumentando la respuesta inmune, la absorción de nutrientes y el control de los patógenos (Vicente *et al.*, 2007).

El estudio realizado por England *et al.*, (1996) evaluó la eficacia del probiótico *Lactobacillus reuteri* en combinación con el alimento sobre el desempeño vivo y el desarrollo intestinal de pavos machos Large White. El tratamiento con *L. reuteri* aumentó la colonización intestinal de este organismo. A los 126 días de edad las aves tratadas con *L. reuteri* fueron significativamente más pesadas que los pavos no tratados y la utilización de alimento fue significativamente mejor.

2.2.4 Prebióticos

El concepto de los prebióticos es relativamente nuevo, describiendo ingredientes alimenticios no digeribles que afectan benéficamente al hospedador estimulando selectivamente el crecimiento o actividad de una o más bacterias en el colon y que se sabe brindan efectos positivos sobre la fisiología intestinal (Tellez *et al.*, 2006; Vicente *et al.*, 2007). Cualquier ingrediente alimenticio que ingresa al intestino delgado es por lo tanto un potencial prebiótico. Sin embargo, para ser efectivo, es esencial la selectividad de la fermentación (Lan *et al.*, 2005).

Entre las características y efectos de los prebióticos ideales tenemos que no deben ser hidrolizados o absorbidos en la parte superior del tracto gastrointestinal; deben ser un sustrato selectivo tanto para una o varias bacterias comensales benéficas al colon, que son estimuladas en su crecimiento o son metabólicamente activadas; deben ser capaces de alterar la flora en favor de una composición más saludable y deben inducir efectos sistémicos o lumbales que sean benéficos para la salud del hospedador (Šušková *et al.*, 2001; Patterson y Burkholder, 2003).

Los prebióticos suelen ser carbohidratos no digeribles. Muchos de estos carbohidratos son cadenas cortas de monosacáridos, llamados oligosacáridos. Se piensa que algunos

oligosacáridos aumentan el desarrollo de organismos benéficos en el intestino y que otros funcionan como organismos que compiten por los sitios de adherencia para las bacterias patógenas. La lactulosa, galactooligosacáridos, fructooligosacáridos, inulina y sus hidrolizados, maltooligosacáridos y el almidón resistente son prebióticos utilizados comúnmente (Grajek *et al.*, 2005).

Los carbohidratos complejos utilizados en la dieta de las aves pasan a través del intestino delgado hacia el intestino inferior donde ellos llegan a estar disponibles para algunas bacterias del colon, aunque no son utilizados por la mayoría de estas bacterias. Los oligosacáridos prebióticos más estudiados en aves son los fructooligosacáridos (FOS), oligofructosa e inulina (Šušković *et al.*, 2001; Patterson y Burkholder, 2003) y los mananoligosacáridos (MOS) (Griggs y Jacob, 2005).

Ha sido sugerido que los FOS son notablemente benéficos para las aves cuando se ofrecen en el alimento en al menos 0.4% de la dieta. En este nivel reducen las bacterias perjudiciales y aumentan las bacterias benéficas de la microflora intestinal (Griggs y Jacob, 2005). Los principales productos finales del metabolismo de estos carbohidratos son los ácidos grasos de cadena corta, llamados acetato, butirato y propionato, los cuales son los más utilizados por el organismo hospedador como fuentes de energía (Grajek *et al.*, 2005).

Actualmente se ha realizado un estudio sobre el efecto de la lactosa como un prebiótico sobre el peso corporal de pavos bajo condiciones comerciales. Los resultados indican que los grupos tratados con la combinación de probióticos y lactosa y lactosa sola fueron más pesados que los grupos control sin tratamiento (Torres-Rodríguez *et al.*, 2007).

2.2.5. Acción de los prebióticos sobre la microflora intestinal

En las aves, el intestino es similar al del resto de animales. El duodeno está organizado como una estrecha asa en forma de U y el yeyuno e íleon en el pavo son relativamente cortos y ubicados en el límite del mesenterio dorsal. Todas las aves gallináceas tienen los

ciegos bien desarrollados (McLelland, 1990). Igualmente, en algunas especies la digestión bacteriana ocurre principalmente en esta localización y en los animales que se alimentan principalmente de fibra cruda los ciegos están particularmente desarrollados (Schales y Schales, 1994).

A nivel celular, los extensos cambios que ocurren en el desarrollo morfológico cerca de la eclosión incluyen la diferenciación básica de los enterocitos y la definición de las criptas, así como la múltiple ampliación de la superficie de absorción del intestino. Estos intensivos cambios son aparentemente sensibles a las perturbaciones en el abastecimiento de nutrientes (Denbow, 2000; Sklan, 2001). Las vellosidades intestinales, las cuales desempeñan un papel crucial en la digestión y absorción de nutrientes, están física y funcionalmente sub-desarrolladas en este momento y su capacidad máxima de absorción es obtenida aproximadamente a los 10 días de edad (Lan *et al.*, 2005; Tellez *et al.*, 2006). La eficiencia de la utilización de nutrientes frecuentemente es perjudicada durante el desarrollo temprano post-eclosión. Los recién nacidos deben realizar una rápida transición desde la dependencia del contenido del huevo como fuente de alimento para nutrirse de una dieta externa relativamente compleja (Sell, 1996).

A la eclosión, el tracto gastrointestinal de las aves es estéril. El lumen intestinal y la superficie de la mucosa del intestino y ciego de las aves son los principales sitios para la colonización por bacterias y otros microorganismos (Lan *et al.*, 2005). Inmediatamente, las bacterias que se originan de la madre, del ambiente o de la dieta colonizarán el tracto gastrointestinal de los recién nacidos. En caso del contacto con la madre, una diversa población microbiana ingresará al tracto gastrointestinal. Como resultado, después de la primera colonización, las especies bacterianas que llegan luego tendrán una colonización mucho más difícil (resistencia a la colonización) que la población inicial (Verdonk *et al.*, 2005). Las aves jóvenes obtienen microorganismos desde el ambiente exterior vía el alimento y agua, y esta microflora está expuesta constantemente, aunque indirectamente, al ambiente externo. La dieta resulta ser el más fuerte determinante de la estructura de la comunidad bacteriana intestinal (Lan *et al.*, 2005).

El tracto gastrointestinal de las aves alberga varios cientos de especies de bacterias. En la composición del tracto gastrointestinal inferior predominan las bacterias anaerobias obligatorias, incluyendo *Bacteroides*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Bifidobacterium*, *Peptostreptococcus*, *Clostridium* y *Eubacterium*. En esta población también se incluyen las bacterias anaerobias facultativas tales como *Enterobacteriaceae*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus* y *Lactobacillus*, sin embargo, su conteo usualmente es bajo. La composición bacteriana puede ser afectada por la composición de la dieta, especialmente por sacáridos específicos (Zdunczyk *et al.*, 2005).

Algunos componentes específicos de la microflora intestinal, especialmente *lactobacilos* y *bifidobacterias*, han sido asociados con efectos benéficos para el hospedador, tales como: (1) promoción de la maduración intestinal, (2) integridad intestinal, (3) antagonismo contra los patógenos, y (4) modulación inmune. Además, la microflora parece desempeñar un papel significativo en el mantenimiento de la homeostasis inmune intestinal y la prevención de la inflamación (Lan *et al.*, 2005).

El tracto digestivo de las aves también puede albergar bacterias patógenas, tales como *Salmonella*, algunas *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens*, etc. Las bacterias gramnegativas producen endotoxinas que son liberadas durante la lisis de los lipopolisacáridos que son parte de sus paredes celulares. Estas endotoxinas causan fiebre y la liberación de pirógenos endógenos, los cuales actúan sobre los centros de termorregulación en el hipotálamo. Otras toxinas pueden afectar la motilidad intestinal, causando por consiguiente diarreas (Gabriel *et al.*, 2006).

Una incrementada población bacteriana ácido-láctica por medio del uso de prebióticos en la dieta de los pollos parrilleros aumentará la habilidad de competencia inmune natural de los animales incrementando los niveles naturales de anticuerpos, y promoviendo además la respuesta de la defensa inmune. El posible efecto de los prebióticos sobre la habilidad de la competencia inmune natural y la posibilidad de alternar antibióticos con prebióticos en la dieta de pollos parrilleros necesita más estudio (Lan *et al.*, 2005).

Los estudios fisiológicos han demostrado que el tracto digestivo de los animales responde a la naturaleza química y física del contenido del tracto. Así, se liberan las enzimas digestivas apropiadas y se ajustan las tasas de pasaje para permitir el máximo aprovechamiento químico o mecánico del contenido a cada nivel del tracto. También permite la máxima absorción de los productos ingeridos. Pocos nutrientes escapan del proceso digestivo hacia las excretas, al menos los pocos nutrientes susceptibles a la digestión en el tracto intestinal superior (Duke, 1996).

En las aves, los principales sitios de la actividad bacteriana son el buche y los ciegos y, a una menor extensión, el intestino delgado. Una gran proporción de estas bacterias son grampositivas y principalmente incluyen anaerobios facultativos del buche o del íleon terminal, mientras que los ciegos contienen anaerobios estrictos, los cuales son dominantes. La flora del buche está compuesta principalmente de lactobacilos adheridos al epitelio y formando una capa casi continua, y enterococos, coliformes y levaduras. En la molleja y proventrículo, el bajo pH es responsable de la reducción en la población bacteriana (Gabriel *et al.*, 2006). En los pavos, el sitio de la intensa fermentación bacteriana es el ciego (Apajalahti, 2005).

La absorción de carbohidratos en las aves ocurre por mecanismos similares a aquellos hallados en los mamíferos. La absorción ocurre más rápidamente en el intestino delgado en comparación al ciego. El tracto gastrointestinal tiene un papel importante en la homeostasis de la glucosa en las aves. Los niveles plasmáticos de glucosa son mantenidos relativamente constantes en los pollos cuando son alimentados con dietas en las cuales la glucosa ha sido reemplazada con fructosa o celulosa (Denbow, 2000). Asimismo, comparados con los mamíferos, los pollos y pavipollos tienen una alta capacidad de degradar disacáridos en la mucosa inmediatamente después de la eclosión por el complejo sacarasa-maltasa (Sklan, 2001).

Las grandes cantidades de microbios del tracto gastrointestinal necesitan y consumen energía. Esta normalmente llega del alimento y ellos por lo tanto utilizan algo de la energía que por otra parte debería estar disponible para las aves. La microflora también puede

beneficiar al ave hospedadora produciendo energía en la forma de ácidos grasos de cadena corta. Esta liberación de ácidos grasos de cadena corta de la fermentación de los oligosacáridos y polisacáridos no hidrolizables puede proporcionar energía extra al ave, que de otra manera no estaría disponible, y esto puede significar una mejor proporción de conversión alimenticia (Lan *et al.*, 2005).

La fermentación sacarolítica produce igualmente ácidos orgánicos, los cuales tienden a disminuir el pH luminal intestinal. Generalmente es asumido que un bajo pH intestinal es bueno para la salud del intestino, porque el desarrollo de muchos patógenos conocidos es inhibido bajo tales condiciones. Ciertamente la intensidad relativa de los tipos de fermentación determina el efecto de la actividad bacteriológica del contenido intestinal (Verdonk *et al.*, 2005). Generalmente, las bacterias prefieren los carbohidratos si están disponibles. En las aves, la fermentación sacarolítica es característica del colon proximal el cual es rico en carbohidratos. Los carbohidratos en el colon distal pueden llegar a ser agotados, con lo cual la putrefacción llega a ser el tipo dominante de fermentación. Esto explica ampliamente los efectos saludables de los prebióticos y las fibras en la dieta, ya que como estructuras lentamente digeribles proporcionan carbohidratos también al colon distal, suprimiendo así la putrefacción y mejorando la salud de las aves (Apajalahti, 2005).

Los mecanismos propuestos por los cuales actúan los prebióticos incluyen la competencia por los sustratos, la producción de componentes tóxicos que inhiben los patógenos y la competencia por los sitios de adherencia (Patterson y Burkholder, 2003). La adición de prebióticos dietéticos puede mejorar las actividades de la amilasa y la proteasa total de las aves vía la alteración de las comunidades microbianas intestinales. Esto podría ser porque *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* que son estimuladas por los prebióticos dietéticos entregan enzimas, incrementado la actividad enzimática digestiva intestinal (Lan *et al.*, 2005).

En el estudio realizado por Johannsen *et al.* (2004) se examinó la colonización aguda del buche de pavos domésticos con *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* luego del tratamiento con probióticos (*Lactobacillus acidophilus*) y prebióticos (lactosa)

administrados por el agua de bebida. Sin embargo, el tratamiento con estos elementos (lactosa y *L. acidophilus*) no redujeron la colonización por *S. enterica* del buche.

2.2.6. Sustancias utilizadas como prebióticos

Los prebióticos más importantes son los productos de los fructooligosacáridos (FOS), oligofructosa, inulina. Han sido estudiados además:

transgalactooligosacaridos, glucooligosacaridos, glicooligosacaridos, lactulosa, lactitol, maltooligosacarido, xilooligosacaridos, rafinosa y sucrosa (Monsan and Paul, 1995). Los manano oligosacáridos (MOS) han sido usados de la misma manera como los prebióticos mencionados anteriormente, ellos no enriquecen selectivamente a las bacterias benéficas (Spring et al., 2000). Su modo de acción es que los patógenos con fimbria específica a manosa absorben el MOS en lugar de conectarse a las células epiteliales intestinales y se transportan por el lumen sin darle oportunidad a la colonización, de esta manera se ve favorecida la utilización de nutrientes por parte de las aves (Savage, *et al.*, 1996)

Químicamente los fructooligosacáridos son cadenas cortas y medianas de β -D fructanos en las cuales las unidades fructosil están unidas por enlaces β (2-1). Dependiendo de la longitud de la cadena, como están definidos con el número de unidades osas o llamado grado de polimerización (DP). Los fructooligosacáridos son nombrados oligofructosa (DP < 9, promedio DP=4.8) o inulina (DP encima de 60, promedio DP=12). (Fig. 1) (Gibson, 1995).

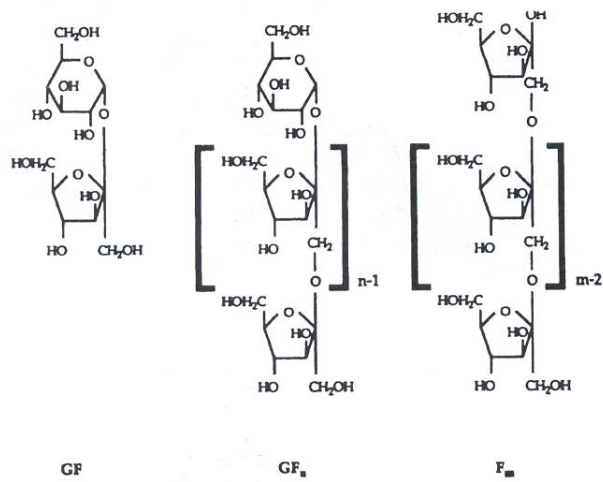


Figura 1. Estructura química de la sucrosa (GF) y fructooligosacáridos (GF_n y F_m).

G=glucosil; F=fructosil

La inulina se encuentra en productos naturales tales como la cebolla, ajo, alcachofa, espárrago, trigo, sin embargo tiene menores cantidades que los que tiene la achicoria (Gibson, 1994) Mientras que el FOS, se encuentran en mayor cantidad en el yacón (Cuadro 2)

Cuadro 2. Relación de plantas con mayor contenido de fructanos

Nombre Comun	Nombre Científico	Familia	Organo utilizado	Fructano predominante	% de materia comestible
Achicoria	Cicharium intybus	Asteraceae	Raíz	Inulina	16-20
Topinambur	Helianthus Tuberosus	Asteraceae	Tubérculo	Inulina	15 -20
Dalia	Dalia sp.	Asteraceae	Rizoma	Inulina	6-14
Yacón	Smallanthus sonchifolius	Asteraceae	Raíz	FOS	9-12
Ajo	Allium sativum	Liliaceae	Bulbo	Inulina	9-11
Cebolla	Allium cepa	Liliaceae	Bulbo	Inulina	2-6
Espárrago	Asparagus officinalis	Liliaceae	Turión	Inulina	2-3
Trigo	Triticum durum	Poaceae	Grano	Inulina	1-6
Plátano	Musa sp.	Musaceae	Fruto	Inulina	0.3-0.7

Fuente: Seminario, 2003.

2.2.7. Importancia de los prebióticos en avicultura

Los oligosacáridos han sido extensamente estudiados por la habilidad que tienen de mejorar la salud y performance en la avicultura. (Patterson, 2003). La adición de fructooligosacaridos(0.9%), Manosa(0.05%), Sacarosa(2%), comparados con avilamicina, un promotor de crecimiento, en pollos de carne no se observaron diferencia con respecto a la ganancia de peso, conversión alimenticia, sin embargo no se presentaron efectos adversos sobre las características de la carne al emplear los prebióticos. (Dionizio y col, 2002)

Catala *et al.*, (1999) determinaron que el uso de oligofructosa y lactosa en la dieta de codornices, alcanzaron altas concentraciones de bifidobacterias y reducción de E. coli asociada a enterocolitis necrotizante.

Chen *et al.*, (2005) utilizaron la achicoria como fuente de oligofructosa e inulina, en la dieta de gallinas Leghorn blanca, en dosis de 1% y 1.3%, obteniendo un incremento de la producción semanal de huevo en un 13.35% y 10.73% respectivamente, sin afectar las cualidades del huevo.

Li *et al.*, (2007) obtuvieron el mejoramiento de la producción de huevos, consumo y conversión alimenticia en gallinas de postura Lohmann Brown, cuando éstas consumieron 2g/kg de FOS en su dieta, además alcanzaron un incremento en el grosor de la cáscara, color de yema y descenso del colesterol de la yema.

Dentro de las cualidades del FOS también se le atribuyen que influyen en la respuesta inmune en las aves como lo demuestra, Cotter (2002) quien empleó FOS y el mananoligosacaridos (MOS) en la dieta de gallinas de postura y reproductoras observando elevados niveles de inmunoglobulinas. La adición de MOS en dietas de pollos broilers hasta los 56 días de edad, en comparación con un antibiótico, no encontraron diferencias con relación al peso y conversión alimenticia, pero si mejores frente al grupo control (Waldroup, 2003) (Hooge, 2003)

2.2.8 Alimento funcional.-

Se considera a todos aquellos que producen efecto beneficioso a la salud, debido a que contienen componentes biológicamente activos como los prebióticos, probióticos, simbióticos, los antioxidantes, subproductos secundarios del metabolismo vegetal, lípidos estructurales, ácidos grasos poliinsaturados, subproductos del metabolismo de las grasas, péptidos bioactivos, fibras, vitaminas y minerales y que además son superiores a los alimentos tradicionales . (Figueroa, 2006)

Uno de los componentes funcionales de los alimentos es la fibra dietética, que se define: “aquella parte de plantas o bien carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso; incluyéndose en esta definición

polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas” (Gibson, 2004). Sin embargo, las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los oligofruktanos, son tales que tienen muchas implicaciones que trascienden su naturaleza de fibra dietética.

La inulina y oligofruktanosa son considerados como ingredientes de alimentos funcionales desde que ellos afectaban los procesos fisiológicos y bioquímicos en ratas y humanos, resultando en una mejora en la salud y reducción en el riesgo de muchas enfermedades (Narinder, 2002)

2.3. El yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

2.3.1 Origen

El yacón es una planta autóctona de los Andes centrales de Perú y Bolivia, aunque crece desde Colombia y Venezuela hasta la zona nororiental de Argentina. Es rústica y se adapta bien a diversos microclimas, donde el suelo es óptimo. Esta planta es importante porque es un cultivo de menor inversión por hectárea. El producto final son las raíces voluminosas y jugosas, de exquisito sabor dulce que se utiliza como un alimento complementario y suplementario en nuestro país (Espinoza, 2002; Núñez, 2002; Fernández-Jerí, 2003).

El yacón recibe diversos nombres. En el norte del Perú se le conoce como llacón y llakwash. En aymará se le denomina aricoma o aricama, y en quechua, llacón, llacún y llacuma. Dos modificaciones de este nombre son racón, con el cual se le conoce en Ancash; y yacumi, denominación que se le da en algunas partes del centro del Perú (Grau y Rea, 2002; Manrique *et al.*, 2004).

Las condiciones geográficas más favorables para el desarrollo del yacón se localizan entre el piso alto de la región yunga y el piso medio de la región quechua, en el rango altitudinal de 1100 a 2500 msnm. No obstante, el yacón ha demostrado ser un cultivo capaz de adaptarse, pudiendo sembrarse en varias zonas de la costa y selva peruanas. En el Perú se confirma su cultivo en el área altoandina de 18 departamentos. Los principales nichos de producción, se encuentran en Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho,

Cajamarca, Cerro de Pasco, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima y Puno (Seminario *et al.*, 2003; Manrique *et al.*, 2004).

En la actualidad el yacón ya se siembra en muchos países fuera de los andes. Países tan diferentes como Paraguay, Estados Unidos, Checoslovaquia, China, Corea y Taiwán siembran actualmente yacón. Sin embargo, es en Japón donde se ha realizado la mayor cantidad de investigaciones científicas, referidas al manejo agrónomo, composición química, propiedades sobre la salud y desarrollo de productos procesados. En Brasil, desde el año 1991, también se han logrado ciertos avances en la investigación de estos temas (Espinoza, 2002).

2.3.2. Clasificación taxonómica

El yacón es una especie de la familia Asteraceae (también llamada Compositae) y su nombre científico es *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. y Endl.), aunque tiene por sinónimos los nombres científicos de *Polymnia sonchifolia* y *Polymnia edulis* (Espinoza, 2002; Seminario *et al.*, 2003). El género *Smallanthus* comprende 21 especies, de las cuales siete han sido encontradas en el Perú (Manrique *et al.*, 2004).

La clasificación taxonómica del yacón es la siguiente:

División:	Fanerógamas o Antofitas
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Simpétalas
Orden:	Campanulales
Familia:	Asteraceae o Compositae
Sub-familia:	Asteroidea
Género:	<i>Smallanthus</i>
Especie:	<i>Smallanthus sonchifolius</i>

2.3.3. Descripción botánica

La planta de yacón es herbácea perenne, mide de 1.5 a 3 metros de alto. Posee dos tipos de raíces, fibrosas o nutritivas y reservantes o tuberosas. Si proviene de semilla consta de un solo tallo principal; si proviene de un propágalo o semilla vegetativa, consta de varios tallos. Las raíces fibrosas son delgadas y su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, fusiformes u ovadas, de color blanco, crema o púrpura (Núñez, 2002; Jiménez, 2003; Seminario *et al.*, 2003).



Figura 2. La planta de yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

2.3.3.1. Raíz

El yacón posee dos tipos de raíces: fibrosas o nutritivas y reservantes o tuberosas. Las raíces fibrosas son delgadas y se expanden largamente. Su función es la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Pueden llegar a crecer hasta 1 m de longitud alrededor del tronco o cepa (Espinoza, 2002; Grau y Rea, 2002).

Las raíces reservantes son las raíces comestibles, fusiformes u ovadas, voluminosas, cuya epidermis es de diferente tonalidad pudiendo ser de color blanco, rosado, crema o moteado. El interior de esta raíz posee una pulpa jugosa quebradiza y semividriosa, de sabor dulce. Las raíces reservantes están insertadas directamente a la cepa madre y se forman aproximadamente 23 a 26 raíces por planta. En algunos casos estas raíces pueden llegar a crecer hasta 35 cm de longitud y de 12 a 45 cm de diámetro (Espinoza, 2002; Jiménez, 2003; Manrique *et al.*, 2004).



Figura 3. Raíces tuberosas o reservantes del yacón.

2.3.3.2. Tallo

El tallo del yacón es cilíndrico, piloso y hueco. La longitud y grosor varían según el vigor de la planta. Puede llegar a crecer hasta 2.60 m de alto con un grosor en la base del tallo de 5 a 8 cm. Todo el tallo es exuberantemente pubescente y se pueden ramificar hasta 8 tallos por planta, llegando a crecer hasta 70 cm de longitud de tallo secundario. Todos

estos tallos son de color verde claro a verde oscuro (Espinoza, 2002; Seminario *et al.*, 2003).

2.3.3.3. Hojas

Las hojas de yacón son laminares simples acorazonadas, anchas y grandes, palmitinervadas cordiformes y pubescentes en ambas superficies de la hoja, especialmente en el envés, donde la pelusa puede llegar a medir hasta 1.5 mm de longitud. Los bordes de las hojas son aserrados, con marcado borde ondeado, llegando a medir hasta 25 cm de largo por 15 cm de ancho (Espinoza, 2002).

2.3.3.4. Flores

Las flores de yacón tienen 5 sépalos bien definidos, con pétalos de color amarillo oscuro hasta anaranjado. Las flores de las ramas laterales son liguladas y suelen ser amarillas anaranjadas a diferencia de las flores centrales, tubulares y de un amarillo intenso. Los botones florales del yacón se observan después de 4 a 5 meses del cultivo de la planta. La inflorescencia es racimosa con un rango de 10 a 16 botones florales (Espinoza, 2002; Grau y Rea, 2002).

Las flores del yacón están definidas como femeninas y masculinas. Las flores femeninas oscilan entre 14 a 16 y son liguladas; las flores masculinas pueden presentarse entre 80 y 90 unidades y son de forma tubular (Seminario *et al.*, 2003).

2.3.3.5. Frutos

El fruto del yacón es de color café oscuro, con epidermis lisa y endocarpio sólido, caracterizándose por el libre desprendimiento del pericarpio por un ligero frotamiento. El fruto maduro es un aquenio de forma elipsoidal y es clásicamente indehisciente (Espinoza, 2002).

2.3.3.6. Semillas

El yacón presenta dos tipos de semillas: la semilla sexual, de un color marrón claro rugoso con forma fusiforme discoidal achatada; y la semilla vegetativa o asexual, mediante la cual la planta se propaga con más frecuencia (Espinoza, 2002; Grau y Rea, 2002).

2.3.4. Composición química

Se han realizado diversos estudios sobre la composición química del yacón, hallándose una serie de sustancias orgánicas benéficas tales como los carbohidratos fructosa, glucosa, sacarosa, inulina y otros oligosacáridos. También se han hallado proporciones relativamente importantes de oligofructosa y diversos monosacáridos (Espinoza, 2002; Manrique *et al.*, 2003).

La importancia nutricional del yacón está caracterizada por el mayor contenido de calcio (23 mg/g) y fósforo (21 mg/g). El contenido de potasio se encuentra en cantidades relativamente importantes (185 – 295 mg/100 g de raíz fresca) (Manrique *et al.*, 2004). Respecto a los carbohidratos, entre estos tenemos fructosa (350 mg/g), glucosa (158 mg/g), sacarosa (158 mg/g), inulina (35 mg/g) y ácido ascórbico (13 mg/g) (Espinoza, 2002). En el Cuadro 2 se detalla la composición química de esta planta.

2.3.4.1 Agua

El yacón es una de las raíces reservantes comestibles con mayor contenido de agua. Entre el 83 y 90% del peso fresco de las raíces es agua (Seminario *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Composición química del yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Sustancia	Peso fresco en 100 g	Peso en 100 g
Agua (%)	93 – 70	
Ceniza (%)	0.3 – 2.0	1.1 – 6.7
Proteína (%)	0.4 – 2.0	1.3 – 7.3
Grasa (%)	0.1 – 0.3	0.4 – 1.0
Fibra (%)	0.3 – 1.7	1.0 – 5.7
Calcio (mg/g)	23	
Fósforo (mg/g)	21	
Hierro (mg/g)	0.3	
Retinol (mg/g)	10	
Caroteno (mg/g)	0.08	
Tiamina (mg/g)	0.01	
Riboflavina (mg/g)	0.1	
Niacina (mg/g)	0.33	
Ácido ascórbico (mg/g)	13	

Fuente: Espinoza (2002) y Núñez (2002)

2.3.4.2 Carbohidratos

En términos generales, los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces del yacón. Entre 50 y 70% de este peso son fructooligosacáridos (FOS) (Seminario *et al.*, 2003), además de fructosa, glucosa, sacarosa, oligosacáridos de bajo grado de polimerización y almidón e inulina en una baja proporción. A pesar que la inulina es un componente principal en muchas plantas de la familia Compositae, en el yacón parece ser sólo un componente menor (Grau y Rea, 2002; Fernández-Jerí, 2003). Los fructooligosacáridos tienen una baja digestibilidad debido a que el sistema digestivo no suele tener una enzima que los hidrolice (Núñez, 2002).

La principal acción de los carbohidratos de baja digestibilidad en el tracto gastrointestinal de las aves está asociada principalmente con el ecosistema del ciego y la producción de ácidos grasos de cadena corta, y consecuentemente, el inferior pH de la digesta en el intestino probablemente es responsable de la proliferación de las bacterias benéficas que estos carbohidratos originan (Juśkiewicz *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Contenido de carbohidratos en la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Carbohidratos	Contenido (mg/g de peso seco)
Fructosa	350
Glucosa	158
Sacarosa	47
Fructosilsacarosa 2	60
Fructosilsacarosa 3	47
Fructosilsacarosa 4	34
Fructosilsacarosa 5	21
Fructosilsacarosa 6	16
Fructosilsacarosa 7	13
Fructosilsacarosa 8	10
Fructosilsacarosa 9	7
Total GF 2 – 9	201

Fuente: Espinoza (2002)

a. Fructooligosacáridos (FOS)

Los fructooligosacáridos (FOS), también conocidos como oligofructanos u oligofructosa pertenecen a la clase de azúcares conocidos como fructanos. La estructura fundamental de los fructanos es un esqueleto de unidades de fructosa con una unidad de glucosa terminal unidas entre sí por enlaces glucosídicos β (2 \rightarrow 1) y β (2 \rightarrow 6). Existen diversos tipos de fructanos, pero desde el punto de vista nutricional y alimentario se reconocen a los FOS y a la inulina como los más importantes (Fernández-Jerí, 2003; Seminario *et al.*, 2003).

Los FOS del yacón tienen propiedades físico-químicas especiales tales como la elevada capacidad de retención de agua, estabilidad a temperaturas altas y de refrigeración y estabilidad en un rango de pH 4 a 7. La función más importante de los FOS es la de actuar como un componente prebiótico, facilitando el crecimiento de bifidobacterias. Estas bacterias son las que favorecen la producción del complejo de la vitamina B y el ácido fólico, inhibiendo el crecimiento de microorganismos patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus* y *Candida*. Los FOS, al ser utilizados como una molécula fermentable por la flora intestinal, permiten una disminución en el pH del colon, incrementando la solubilidad de numerosos compuestos minerales (Fernández-Jerí, 2003).

La oligofruktosa es definida como una fracción de oligosacáridos con un grado de polimerización menor de 20, aunque los productos comerciales suelen tener un valor promedio de 9 (Fernández-Jerí, 2003). Los oligosacáridos no digeridos en la parte superior del tracto gastrointestinal alcanzan el intestino grueso, donde ellos actúan como sustratos específicos de crecimiento para las bacterias. Esto ha sido particularmente implicado en el incremento de las concentraciones de la microflora benéfica (bifidobacterias y lactobacilos) en el intestino grueso (Juśkiewicz *et al.*, 2006).

b. Inulina

Debido a la extracción de los FOS se obtiene la inulina, que se describe como un fructooligosacárido con un grado de polimerización de 20 a 60 monómeros de fructosa (Fernández-Jerí, 2003). Los fructanos no digeribles tipo inulina son hallados ampliamente en muchos alimentos e ingredientes alimenticios vegetales y tal vez son los prebióticos mejor estudiados y documentados en los animales domesticados (Verdonk *et al.*, 2005).

La inulina y los FOS no tienen una composición química definida ya que ambos son en realidad una mezcla de fructanos de diferente tamaño. Debido a que las moléculas de fructosa se unen exclusivamente por enlaces β (2 \rightarrow 1), estos fructanos adquieren una conformación espacial semejante a cadenas lineales. La diferencia entre los FOS y la inulina radica en el número de moléculas de fructosa en las cadenas lineales. En la inulina esta cantidad varía entre 2 y 60, mientras que en los FOS, que tienen cadenas más pequeñas, la cantidad varía entre 2 y 10 (Seminario *et al.*, 2003).

La inulina y los FOS están considerados como ingredientes alimenticios seguros para el consumo. Un consumo de hasta un 5% de FOS en la dieta diaria promueve la absorción de calcio, magnesio y fósforo. También permiten un incremento en la absorción de magnesio en dietas con un alto contenido de calcio y fósforo (Fernández-Jerí, 2003).

Cuadro 5. Tabla nutricional del yacón (100g de raíz fresca sin cáscara)

Compuesto	Rango
Agua	85 – 90 g
Oligofruktosa (OF)	6 – 12 g
Azúcares simples*	1.5 – 4 g
Proteínas	0.1 – 0.5 g
Potasio	185 – 295 mg
Calcio	6 – 13 mg
Calorías	12 – 22 kcal

Fuente: Manrique I. 2004. Centro Internacional de la papa.

Cuadro 6. Porcentaje de azúcares en raíces reservantes de yacón (en relación al peso seco). Evaluación de diez cultivares de yacón de diferentes procedencias: Argentina(1), Bolivia (3), Ecuador (1) y Perú (5).

Tipo de azúcar	Promedio	Rango
FOS	54	27 – 77
Sacarosa	12	9 – 17
Fructosa	8	3 – 18
Glucosa	3	2 – 5

Fuente: Adaptado de Hermann et al. 1999.

2.3.4.3 Fibra y otros componentes

Las raíces tuberosas contienen pequeñas cantidades de fibra, vitaminas y minerales (Grau y Rea, 2002). Las raíces acumulan cantidades importantes de potasio, compuestos polifenólicos derivados del ácido cafeico, sustancias antioxidantes como el ácido clorogénico y triptófano; y varias fitoalexinas con actividad fungicida. El contenido de

proteínas, lípidos, vitaminas y minerales es bastante bajo (Seminario *et al.*, 2003), aunque se han reportado niveles importantes de proteína en los tallos (11%) y hojas (17%) (Grau y Rea, 2002).

2.3.5 Usos del yacón

El yacón suele ser consumido por las personas diabéticas y que tienen problemas digestivos. Han sido mencionadas propiedades para tratar enfermedades renales y para el rejuvenecimiento de la piel. Todos los carbohidratos del yacón incluyendo los oligofruktanos pueden ser rápidamente metabolizados por los rumiantes, así las raíces tuberosas pueden ser utilizadas para alimentar bovinos y ovinos (Grau y Rea, 2002).

2.3.6 Situación actual del yacón

Siendo las raíces del yacón perecibles, requiere de su procesamiento lo cual ofrecen una alternativa a la comercialización tradicional de las raíces frescas. A nivel de supermercado se ofrecen diferentes productos procesados: jarabe, zumo, mermelada, hojuelas y té, aunque la producción es en pequeña escala, ya se ha empezado a exportar yacón a Japón, Estados Unidos y algunos países europeos. (Apéndice 1), exportándose como "Extracto Natural y Hojuelas Semisecas", y en vista que tiene propiedades dietéticas se usa en la preparación y exportación de "Mermelada Florida Dietética de Piña, Fresa, Mango y Maracuyá con Yacón", otras presentaciones son los "Filtrantes de Hojas de Yacón", "Miel y Polvo de Yacón" y "Néctar de Piña con Yacón". (Apéndice 2 y 3), incrementándose su exportación en los últimos años. (Biocomercio, 2007). Según lo reportado por ADEX (Asociación de exportadores del Perú) en el 2007, la empresa es una de las que más exporta la harina de la raíz de yacón, siendo su valor de exportación (FOB) de aproximadamente de \$14.00 por kilogramo, lo cual incrementa considerablemente al precio venta para esos países. (Apéndice 4) (Biocomercio, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en tres diferentes ambientes de la FMV-UNMSM en Lima, la crianza de las aves se realizó en la granja avícola del Laboratorio de Producción Avícola y Especies Menores; el análisis de los alimentos en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, y el análisis estadístico de los datos en el Laboratorio de Medicina Veterinaria Preventiva.

3.2 Animales

Se emplearon 150 pavos machos de la línea BUT (british united turkeys), elegidos al azar de un lote de 840 animales. A las 7 semanas de edad estos animales fueron sexados y trasladados a los corrales destinados para los tratamientos y se permitió su aclimatación al nuevo ambiente y acondicionamiento de alimento (dieta comercial estándar) por una semana.

3.3 Materiales

Para la crianza de los pavos fueron utilizados los siguientes materiales distribuidos en corrales de 10 m²: cercos, criadoras de gas, comederos de bandeja y de tolva, bebederos de sifón, vacunas contra Newcastle, viruela y rinotraqueítis aviar, báscula tipo reloj con capacidad para 20 kilos, equipo de limpieza (palanas, flameador, viruta), termómetro de temperatura ambiental y planillas de registros.

En el equipo de laboratorio para la determinación de Humedad se utilizaron recipientes que no absorbieran humedad, estufa, desecador y balanza de precisión. Para la determinación de Extracto Etéreo se utilizaron vasos de extracción Goldsfich, aparato Extractor tipo Goldsfich, dedales celulósicos de extracción forrados con papel Whatman, porta dedales de vidrio, tubo recolector de éter y estufa. Para determinar la Fibra cruda se utilizó Aparato para digestión, vaso de 600 ml, crucible para ceniza, una aspiradora o bomba de vacío, filtro de tela y frasco lavador. Para la determinación de Proteína se utilizó un sistema de digestión Tecator equipo Macrojeldahl, tubos para digestión, sistema de destilación automático, matraces Erlenmeyer de 250 ml y una bureta de lectura digital. Para la determinación de cenizas se utilizó mufla de incineración, crisoles de porcelana, desecador y una balanza de precisión.

El material químico consistió de éter dietílico anhidro, solución de ácido sulfúrico al 1.25%, solución de hidróxido de sodio al 1.25%, asbesto preparado, catalizador de proteínas, solución de ácido bórico al 3 %, solución de ácido sulfúrico de 0.1 N, indicador Tashiro, solución de hidróxido de sodio 35% - 40% P/V y ácido sulfúrico concentrado al 98%-99%.

3.4 Metodología

3.4.1. Método experimental con los animales

Desde las 7 semanas de edad, los 150 pavos machos fueron seleccionados al azar y trasladados a los corrales de tratamiento. Los tratamientos consistieron de 5 grupos:

- Grupo T0, dieta sin antibiótico y sin yacón
- Grupo T1, dieta con 0.25% de harina de yacón
- Grupo T2, dieta con 0.50% de harina de yacón
- Grupo T3, dieta con 0.75% e harina de yacón
- Grupo T4, dieta con antibiótico promotor del crecimiento (zinc bacitracina al 10%, en dosis de 0.035% de la ración).

Para cada grupo de tratamiento se destinaron 30 animales, separados a su vez en 5 subgrupos de 6 animales cada uno (cinco repeticiones por grupo), en forma aleatoria. Las aves fueron criadas siguiendo los estándares de crianza para la producción de pavos comerciales. Cada una de las raciones se preparó para cubrir las exigencias nutricionales según edad. Se emplearon insumos de disponibilidad local. Durante la adquisición de los insumos se tuvieron en cuenta algunos criterios de control de calidad. El periodo experimental fue de la décima a la catorce semana.

A los animales se les suministró cantidades suficientes de alimento para propiciar el consumo *ad limitum*. La cantidad consumida fue determinada por la diferencia entre el suministro y el residuo. Por otro lado, se midió semanalmente el peso corporal de los animales y el peso del alimento suministrado y del alimento no consumido. El registro del peso fue realizado siempre a la misma hora y no siempre en el mismo orden de tratamientos.

Como normas de bioseguridad se incluyeron la limpieza, desinfección y vacío sanitario de las instalaciones antes de la llegada de los pavos; acceso restringido a personas extrañas; restricción de ingreso de otro tipo de animales, control de moscas y roedores, y fumigación periódica.

3.4.2. Evaluación química de los nutrientes de los alimentos

A fin de formular la ración en 20% de proteína y 3.18 Mcal/kg de alimento, se efectuó el análisis químico proximal a los insumos que se tenían a disposición y que consistieron de maíz, torta de soya, harina de soya, subproducto de trigo y yacón. Estos insumos fueron sometidos a un análisis químico-bromatológico en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, FMV-UNMSM.

3.4.3. Formulación de la ración

La ración se formuló en base a los requerimientos nutricionales de pavos en etapa de engorde, según lo recomendado por la empresa Produss y con ayuda del programa Z-MIX diseñado para la formulación de una ración que contenga valores específicos tales como 3.18% de energía metabolizable (EM) y 20% de proteína.

Se prepararon en total 180 kg de alimento para cada tratamiento, que fueron peletizados individualmente para facilitar el consumo a los pavos.

El servicio de peletizado fue realizado en la Agropecuaria Los Tres Cueros, ubicado en Av. Santa Genoveva s/n Lurin

3.4.4. Preparación de la harina de yacón

Las raíces de yacón fueron obtenidas de un puesto de ventas del Mercado de Frutas, que se abastecen del Caserio Espital, provincia de Bagua, Departamento de Amazonas. El valor del kilo de las raíces yacón fue de S/. 0.80 nuevos soles.

Durante toda la fase experimental se utilizó la cantidad de 2.70 kg harina de yacón, obtenida de un promedio de 50 kg del tubérculo.

Las raíces del yacón se lavaron para retirar los restos de tierra con la cual vienen adheridas, luego se cortaron en láminas de un grosor de 0.5 mm, y se colocaron en bandejas

con papel para absorber la humedad, se introdujeron en la estufa a una temperatura de 60°C por 48 horas para el secado.

Posteriormente se colocaron en un molino con un tamiz de 1mm, para obtener la harina, las cuales se almacenó en frasco, para evitar que absorban la humedad del medio ambiente.

Esto se ejecutó para la obtener la harina de yacón que fue incluida en la ración habitual del pavo de línea BUT (british united turkeys). Este procedimiento se realizó por la Empresa Agroindustrias Alimenticias Natura.

3.4.5 Parámetros evaluados:

Durante las 4 semanas que duró el experimento, se realizaron las siguientes mediciones:

a. Ganancia de peso:

El control de peso de los animales se efectuó semanalmente partiendo al final de la décima semana. Los pesos de los animales se registraron a la misma hora. El incremento de peso en los animales fue estimado de la siguiente manera:

$$\mathbf{GP} = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}$$

b. Consumo de alimento.

El consumo de alimento se determinó durante el tiempo que duró el tratamiento que fueron las últimas tres semanas que representa la etapa de engorde del Pavo Línea B.U.T. (british united turkeys).

c. Índice de conversión alimenticia (ICA):

Índice que relaciona el consumo de alimento con la ganancia de peso, por el tiempo que duraron los tratamientos desde la 10ma hasta la décimo cuarta semana, se calcula con las siguientes fórmulas:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia de peso vivo}}$$

3.5 Análisis de datos

Las variables: peso vivo semanal, consumo de alimento semanal y ganancia de peso semanal fueron analizadas usando una análisis de medidas repetidas, teniendo como variables explicatoria a los tratamientos. La semana de evaluación (t: 10, 11, 12, 13 y 14) fue la variable intrasujetos que se utilizó para el análisis de medidas repetidas. Las variables ganancia de peso acumulado, consumo de alimento acumulado y conversión alimenticia fueron analizadas mediante un análisis multivariado de varianza, teniendo como variables explicatoria a los tratamientos. En ambos análisis estadísticos, se realizaron prueba de post-test de Tukey para determinar diferencias entre los tratamientos, cuando estos resultaron en tener efecto significativo ($p \leq 0,05$). Además, la dosis de yacón que fue suministrada en cada tratamiento fue analizada mediante contrastes polinómicos para determinar el efecto que tuvo sobre las variables evaluadas, un $p \leq 0,05$ fue considerado significativo. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el uso del software SPSS 15.0 para Windows.

IV. RESULTADOS

Como se puede apreciar en la columna de significación del Cuadro 7, los tratamientos influyeron significativamente en el peso vivo. A una dosis de yacón al 0.75% se observó un menor peso vivo en comparación con los demás tratamientos durante todas las semanas de estudio. Los pavos tratados con yacón al 0.25% consiguieron un mayor peso vivo durante todas las semanas de estudio, sin embargo este no fue mayor ($p \leq 0.05$) que el grupo control, yacón al 0.5% o zinc bacitracina durante las semanas doce, trece y catorce.

Cuadro 7. Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para los pesos vivos (kg) de los pavos en el período de la semana diez hasta la semana catorce.

Semana	Control	Yacon 0.25	Yacon 0.5	Yacon 0.75	Zinc Baci
10	5.86 ± 0.22 ^b	6.34 ± 0.22 ^{ab}	5.97 ± 0.22 ^b	5.55 ± 0.22 ^c	5.83 ± 0.22 ^b
11	7.04 ± 0.14 ^b	7.65 ± 0.14 ^a	7.29 ± 0.14 ^b	6.26 ± 0.14 ^c	7.14 ± 0.14 ^b
12	8.52 ± 0.24 ^a	8.93 ± 0.24 ^a	8.61 ± 0.24 ^a	7.31 ± 0.24 ^b	8.43 ± 0.24 ^a
13	10.36 ± 0.30 ^a	10.81 ± 0.30 ^a	10.41 ± 0.30 ^a	9.200 ± 0.30 ^b	10.12 ± 0.30 ^a
14	11.56 ± 0.40 ^a	12.21 ± 0.40 ^a	11.77 ± 0.40 ^a	10.46 ± 0.40 ^b	11.38 ± 0.40 ^a

a,b,c,d : Letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Como se puede apreciar en el Cuadro 8, los tratamientos influyeron significativamente en el consumo de alimento semanal. A una dosis de yacón al 0.75 % se observó una disminución del consumo de alimento en comparación al control y a los demás grupos desde la semana 10 hasta la semana 12. El consumo de alimento para el tratamiento con yacón al 0.5% fue mayor ($p \leq 0.05$) en comparación con los demás tratamientos de los pavos desde la semana 10 hasta la semana 13. El tratamiento con yacón al 0.25 % no afectó el consumo de alimento y el tratamiento de zinc bacitracina lo disminuyó ligeramente.

Cuadro 8. Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para el consumo de alimento semanal (kg) de los pavos en el período de la semana diez hasta la semana catorce

Semana	Control	Yacon 0.25	Yacon 0.5	Yacon 0.75	Zinc Baci
10	2.31 ± 0.115 ^{ab}	2.20 ± 0.115 ^{ab}	2.27 ± 0.115 ^{bc}	1.95 ± 0.115 ^c	2.23 ± 0.115 ^{ab}
11	2.33 ± 0.059 ^b	2.33 ± 0.059 ^b	2.63 ± 0.059 ^a	1.28 ± 0.059 ^d	2.05 ± 0.059 ^c
12	2.89 ± 0.013 ^b	2.78 ± 0.013 ^c	3.00 ± 0.013 ^a	2.39 ± 0.013 ^e	2.54 ± 0.013 ^d
13	3.18 ± 0.007 ^d	3.34 ± 0.007 ^b	3.58 ± 0.007 ^a	3.28 ± 0.007 ^c	3.28 ± 0.007 ^c
14	3.23 ± 0.172 ^a	3.39 ± 0.172 ^a	3.22 ± 0.172 ^a	3.02 ± 0.172 ^a	3.05 ± 0.172 ^a

a,b,c,d : Letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Como se puede apreciar en el Cuadro 9, los tratamientos solo influyeron significativamente en la ganancia de peso semanal desde la semana 10 hasta la semana 11. Aunque los tratamientos de yacón al 0.25 % y yacón al 0.50% consiguieron las mejores ganancias de peso en promedio, estas no fueron significativas.

Cuadro 9. Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para la ganancia de peso semanal (kg) de los pavos en el período de la semana diez hasta la semana catorce.

Semana	Control	Yacon 0.25	Yacon 0.5	Yacon 0.75	Zinc Baci
11	1.18 ± 0.24 ^{bc}	1.31 ± 0.24 ^{ab}	1.31 ± 0.24 ^{ab}	0.71 ± 0.24 ^c	1.31 ± 0.24 ^{ab}
12	1.48 ± 0.26 ^a	1.28 ± 0.26 ^a	1.32 ± 0.26 ^a	1.05 ± 0.26 ^a	1.28 ± 0.26 ^a
13	1.84 ± 0.37 ^a	1.87 ± 0.37 ^a	1.80 ± 0.37 ^a	1.88 ± 0.37 ^a	1.68 ± 0.37 ^a
14	1.19 ± 0.48 ^a	1.4 ± 0.48 ^a	1.36 ± 0.48 ^a	1.26 ± 0.48 ^a	1.26 ± 0.48 ^a

a,b,c,d :Letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($p \leq 0.05$) sobre el consumo de alimento acumulado, sin embargo la ganancia de peso acumulada y el índice de conversión alimenticia no fueron afectados por los tratamientos. Se observó un mayor consumo con el tratamiento de yacón al 0.50%, seguido por el tratamiento control y yacón al 0.25%, a una dosis de yacón al 0.75%, el consumo de alimento fue disminuido. Cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados obtenidos por efecto de los tratamientos para el consumo de alimento acumulado(kg), la ganancia de peso acumulada (kg) y la conversión alimenticia de los pavos hasta la semana catorce

	Control	Yacón 0.25	Yacon 0.5	Yacon 0.75	Zinc Baci
Consumo total	11.6 ± 0.19 ^b	11.8 ± 0.19 ^b	12.4 ± 0.19 ^a	9.96 ± 0.19 ^d	10.9 ± 0.19 ^c
Ganancia de peso total	5.7 ± 0.46 ^a	5.87 ± 0.46 ^a	5.80 ± 0.46 ^a	4.90 ± 0.46 ^a	5.54 ± 0.46 ^a
ICA	2.05 ± 0.17 ^a	2.04 ± 0.17 ^a	2.15 ± 0.17 ^a	2.04 ± 0.17 ^a	1.98 ± 0.17 ^a

a,b,c,d :Letras diferentes en filas denotan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$).

Cuadro 11. Mortalidad registrada hasta la semana catorce.

Semana	control	yacon 0.25	yacon 0.50	yacon 0.75	zinc baci
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1
12	0	0	0	4	1
13	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0

V. DISCUSIÓN

Ganancia de peso corporal

Como se muestra en el Cuadro 10, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos frente al grupo control.

El efecto de la dosis pueden variar de acuerdo a la especie, edad, condiciones climáticas entre otros, como en el caso de estudios en broilers realizado por que Shan et al, (2002), quienes no hallaron diferencia en la ganancia de la peso, al emplear específicamente el FOS al 1.5% en su dieta; para el caso del estudio tampoco de encontró esta diferencia sin embargo los grupos yacón 0.25% y 0.50% presentaron ganancias mayores en un 3% y 1.8% respectivamente frente al control.

Un estudio similar utilizando yacón en dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75% por Cieza *et al.*, (2003), en pollos de carne no encontraron diferencias significativas entre los grupos yacón y zinc bacitracina cuando fueron aplicados durante toda la campaña, por lo que los autores consideraba utilizar la dosis al 0.25%, mientras que el efecto en patos muscovy usando la dosis de yacón al 0.75% en la etapa de engorde se consideró como mejor alternativa frente al uso del antibiótico (Fuentes, 2009)

Además el trabajo realizado por Juskiewicz *et al.*, (2006), se alimentaron pavipollos de 03 días de edad durante 08 semanas utilizando fructooligosacáridos y no hubo diferencia

entre la ingesta dietética y la ganancia de peso corporal entre los grupos (dietas conteniendo 0, 0.5, 1.0 ó 2.0% de FOS).

Con respecto al antibiótico se explica que éste, generalmente controla el crecimiento y proliferación de microorganismo que se encuentran a nivel intestinal favoreciendo el desarrollo del huésped (Miles *et al.*, 2006), sin embargo puede alterar el ecosistema, es por ello que el uso de dosis subterapéuticas puede afectar la estabilidad de la flora intestinal y puede reducir la población de lactobacillus en el intestino. (Lan *et al.*, 2005). Además existe la necesidad de buscar alternativas al empleo del antibiótico, ya que su uso continuo pueda afectar la resistencia de los microorganismos patógenos. (Cervantes, 2006).

Consumo de alimento

En el Cuadro 10 los grupos zinc bacitracina y yacón 0.75% muestran consumos menores respecto al control en 6% y 14% respectivamente y el grupo yacón 0.50% un consumo adicional del 6.8%, presentando diferencia significativa frente al control.

Los pavos de los tratamientos con zinc bacitracina y yacón 0.75% tuvieron un menor consumo de alimento, debido a que la salud del tracto gastrointestinal puede ser mejorada por la manipulación de la dieta (Mateos *et al.*, 2002), la presencia de prebióticos en el yacón habría propiciado mejores condiciones nutricionales para la microflora, favoreciendo en el predominio de las bacterias benéficas sobre las dañinas. Éstas son representadas por las bacterias bifidobacterias y los lactobacillus, a las que se les atribuyen varias funciones promotores de la salud (Duke, 1996). Esto no se observó en el trabajo de Shan *et al.*, (2002), quienes no hallaron diferencia al emplear específicamente el FOS al 1.5% como prebiótico en dietas de pollos en toda la campaña comparados con zinc bacitracina.

Índice de conversión alimenticia

No hubo diferencia significativa entre los tratamientos sobre el índice de conversión alimenticia. Pero podemos apreciar que el tratamiento yacón 0.50% un 4.9% más que el control, mientras que los tratamientos yacón 0.25 y 0.75% 0.49% menos que el control, sin embargo el tratamiento yacón 0.75% no compensa con la ganancia de peso. (Cuadro 10).

Este resultado pueden estar relacionados a la acción del yacón como fuente de FOS, sobre la flora bacteriana, como lo demuestra Xu et al 2003, quienes determinaron que la adición de FOS en la dieta en pollos de engorde, refleja un aumento de bifidobacterias y Lactobacillus, ésta proliferación hizo que se inhibiera a la Escherichia coli a nivel de intestino delgado y ciegos. Hold et al, 2003 confirma que el uso de estas sustancias conduce al descenso del pH debido al incremento de bacterias que acidifican el medio como las bifidobacterias y lactobacillus, de ésta manera se inhibe la proliferación de las bacterias patógenas, permitiendo una mejor conversión. Esto se observó en pavos BUT (british united turkeys), en que el uso de FOS, (0.5, 1 y 2%) resultó en el descenso de los niveles de pH en ileo y ciegos, y que además no se observaron diferencias significativas en la performance productiva. (Juskiewicz *et al.*, 2006)

Es probable que la remoción de los antibióticos en el alimento de las aves incremente moderadamente los costos de producción, principalmente por el incremento de desórdenes entéricos, sin embargo, la eficiente producción aún es posible sin antibióticos promotores del crecimiento. (Mateos *et al.*, 2002).

Las enfermedades entéricas son de gran interés para la industria aviar debido a la pérdida de productividad, incrementada mortalidad y la contaminación asociada de los productos aviares para el consumo humano. Los prebióticos son productos que tienen el potencial de reducir la enfermedad entérica en las aves y consiguientemente evitar la contaminación de los productos aviares (Patterson y Burkholder, 2003); por lo que sería de interés realizar algún desafío usando la dosis estudiada.

En la producción aviar, la prohibición del uso de aditivos alimenticios antibacterianos está incrementando el interés en entender el papel de la comunidad microbiana comensal sobre la salud, para lograr el futuro mantenimiento y para mejorar la eficiencia y aceptabilidad ambiental de la producción aviar. Son particularmente necesarios los reemplazos para químicos inaceptables, por ejemplo, los antibióticos (Lan *et al.*, 2005).

Se esperaría que la dieta influya también en la flora microbiana del pavo, debido a la inclusión del yacón, que es una fuente de FOS. Si bien se le sometió a un periodo corto, hubiera sido de interés que se midiera la presencia especialmente de los lactobacillus y bifidobacterias antes y después del tratamiento. Debido a las recientes legislaciones internacionales y las presiones del consumidor doméstico para retirar los antibióticos promotores del crecimiento y limitar los antibióticos disponibles para el tratamiento de infecciones bacterianas, los prebióticos pueden ofrecer opciones alternativas (Tellez *et al.*, 2006).

Mortalidad

Durante el estudio la causa de mortalidad diagnosticada fue por Histomoniasis, influyendo en el detrimento del consumo alimento en los grupos yacón 0.75 y zinc bacitracina reduciendo sus ganancias de peso.

VI. CONCLUSIÓN

- La dosis de harina de yacón al 0.25% puede ser empleada como alternativa en la ración de pavos de la Línea B.U.T. (british united turkeys), en la etapa de engorde.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar la fuente de prebióticos empleando insumos de menor calidad en la dieta de acabado de pavos comerciales.
- Probar el tratamiento desde el inicio de la crianza de pavos, para que puedan ser sometido a mayor tiempo al prebiótico.
- Debido que la fuente de prebiótico afectaría la población bacteriana, se recomendaría un análisis de la misma (lactobacillus y bifidobaterias) al inicio y final de tratamiento.
- Hacer la comparación con otros antibióticos promotores de crecimiento que se emplean en avicultura.
- Determinar su efecto sobre la integridad intestinal durante el tiempo que dure el tratamiento.

VIII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. **Apajalahti J. 2005.** Comparative gut microflora, metabolic challenges, and potential opportunities. *J. Appl. Poult. Res.* 14: 444-453.
2. **Apajalahti J. and A. Kettunen. 2002.** Efecto de la dieta sobre la flora microbiana en el tracto gastrointestinal de aves. XVII CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA. Barcelona 4 y 5 de noviembre 2002.
3. **ADEX. 2007.** Base de Datos de la Asociación de exportadores del Peru.
4. **Barnes E, Phil D. 1972.** The avian intestinal flora with particular reference to the posible ecological significance of the cecal anaerobic bacteria. *The American Journal of Clinical Nutrition* 25:1475-1479.
5. **BIOCOMERCIO, 2007.** Programa de promoción de bienes y servicios de la biodiversidad nativa del Perú. [Internet], [01/01/2009]. Disponible en <http://www.biocomercioperu.org/>
6. **Casewell M, Friss Ch, Marco E. 2003.** The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 52:159-161
7. **Catala I, Butel M, Bensaada M, Popot F, Tessedre A, Rimbault A and Szylit, O. 1999.** Oligofructose contributes to the protective role of bifidobacteria in experimental necrotising enterocolitis in quails. *J. Med. Microbiol.* 48: 89-94
8. **Cervantes H. 2006.** La prohibición de la Unión Europea sobre el uso de antibióticos. *Industria Avícola.* Pag 14-19

9. **Chen YC, Nakthong C, Chen TC. 2005.** Improvement of laying hen performance by dietary prebiotic chicory oligofructose and inulin. *International Journal of Poultry Science* 4: 103-108.
10. **Cieza, N, Del Carpio, E. 2003.** Sustitución del antibiótico promotor del crecimiento por el llacón (*smallanthus sonchifolius*) en raciones de pollos de carne. Tesis. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú.
11. **Ciriaco P. 2007.** Engorde de pavos. Programa de Investigación en Avicultura – Universidad Nacional Agraria La Molina. 60 pg.
12. **Cotter PF, Sefton AE, Lilburn MS. 2002.** Manipulating the immune system of layers and breeders: novel applications of mannan oligosaccharides. *Proceed Alltech's 18th Annual Symp. Nutr. Biotechn. In Feed and Food Industry*, 13 – 15 May 2002. Nottingham Univ. Press, 21-27.
13. **Cox NA, Craven SE, Musgrove MT, Berrang ME, Stern NJ. 2003.** Effect of sub-therapeutic levels of antimicrobials in feed on the intestinal carriage of *Campylobacter* and *Salmonella* in turkeys. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 32-36.
14. **Denbow DM. 2000.** Gastrointestinal Anatomy and Physiology. En: *Sturkie's Avian Physiology*. 5ta ed. P 299-325.
15. **Dibner JJ, Richards JD. 2005.** Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Science* 84: 634-643.
16. **Diggins RV. 1975.** La Producción Avícola. Campaña Editorial Continental SA, México. Pp. 317-351.
17. **Dionizzio M, Bertechini A. 2002.** Prebióticos como promotores de crecimiento para frangos de corte-desmpenho e rendimento de carcaça. p. 1580 -1587. Ed. Cienc. Agrotec. Lavras. Brasil.
18. **Duke GE. 1996.** Practical advancements in digestive physiology and futuristic research needs in poultry. *J. Appl. Poultry Res.* 5: 82-85.

19. **Elliott S, Barnes E. 1959.** Changes in serological type and antibiotic resistance on Lancefield group D streptococci in chickens receiving dietary chlortetracycline. *J. Gen. Microbiol.* 20:426–433
20. **England JA, Watkins SE, Saleh E, Waldroup PW, Casas I, Burnham D. 1996.** Effects of *Lactobacillus reuteri* on live performance and intestinal development of male turkeys. *J. Appl. Poultry Res.* 5: 311-324.
21. **Espinoza PE. 2002.** Manual del cultivo de yacón. PE Espinoza Ed. Huánuco, Perú. 49 p.
22. **Fernández-Jerí A. 2003.** Yacón: importancia prebiótica y tecnológica. *Agro Enfoque. Revista para el Desarrollo Agropecuario Agroindustrial y Agroexportador* 139: 46-47.
23. **Figuroa J, Chi E, Cervantes M. 2006.** Alimentos funcionales para cerdos al destete. *Veterinaria México.* 37(1):117-136.
24. **Fuentes N. 2009.** Evaluación de la harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como prebiótico de dieta de patos muscovy (*Cairina moschata*) en etapa de engorde. Tesis grado para optar el título médico veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. UNMSM. Lima. Perú. 62.
25. **Gabriel I, Lessire M, Mallet S, Guillot JF. 2006.** Microflora of the digestive tract: critical factors and consequences for poultry. *World's Poultry Science Journal* 62: 499-511.
26. **Gibson GR. 2004.** From probiotic to prebiotics and a healthy digestive system. *Journal of food Science.* 69(5):141-143
27. **Gibson GR, Willis CL, Van Loo J. 1994.** Non-digestible oligosaccharides and bifidobacteria- implications for health. *Int Sugar J.* 96:381-387 (buscar abstract)
28. **Gibson GR, and MB Roberfroid. 1995.** Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotic. *J. Nutr.* 125:1401-1412.
29. **Grajek W, Olejnik A, Sipp A. 2005.** Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica* 52 (3): 665-671.

30. **Grau A, Rea J. 2002.** Yacón: *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de los Yungas. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. pp. 202-239.
31. **Greko C. 2001.** Safety aspects on non-use of antimicrobials as growth promoters. Pages 219–230 in Gut Environment of Pigs. A. Piva, K. E. Bach Knudsen and J. E. Lindberg, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
32. **Griggs JP, Jacob JP. 2005.** Alternatives to antibiotics for organic poultry production. J. Appl. Poult. Res. 14: 750-756.
33. **Herendy V, Sütő Z, Horn P. 2003.** Characteristics of improvement in the turkey production in the last 30 years. Agriculturae Conspectus Scientificus 68 (2): 127-131.
34. **Hold GL, Schwietz A, Aminov RI, Blaut M. 2003.** Oligonucleotides probes that detect quantitatively significant groups of butyrate-producing bacteria in human feces. Appl. Environ. Microbiol. 69: 4320-4324.
35. **Hooge D, Sims M, Sefton A, Connolly A. 2003.** Effect of Dietary Mannan Oligosaccharide, With or Without Bacitracin or Virginiamycin, on Live Performance of Broiler Chickens at Relatively High Stocking Density on New Litter. J. Appl. Poult. Res. 12:461–467
36. **Ikai Y, Oka H, Hayakawa J, Matsumoto M. 1995.** Total structures and antimicrobial activity of bacitracin minor components. J Antibiot .48(3):233-42
37. **Jiménez E. 2003.** El yacón: cultivo ecológico y medicinal. Agro Enfoque. Revista para el Desarrollo Agropecuario Agroindustrial y Agroexportador 139: 48-49.
38. **Johannsen SA, Griffith RW, Wesley IV, Scanes CG. 2004.** *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* colonization of the crop in the domestic turkey: influence of probiotic and prebiotic treatment (*Lactobacillus acidophilus* and lactose). Avian Diseases 48: 279-286.
39. **Juśkiewicz J, Jankowski J, Zduńczyk Z, Mikulski D. 2006.** Performance and gastrointestinal tract metabolism of turkeys fed diets with different contents of fructooligosaccharides. Poultry Science 85: 886-891.

40. **Klasing KC. 2005.** Poultry nutrition: a comparative approach. *J. Appl. Poult. Res.* 14: 426-436.
41. **Lan Y, Verstegen MWA, Tamminga S, Williams BA. 2005.** The role of the commensal gut microbial community in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* 61: 95-102.
42. **Lázaro R, Mateos GG, Latorre MA. 2002.** Nutrición y alimentación de pavos de engorde. En: Rebollar PG, de Blas C, Mateos GG, Eds. *Avances en nutrición y alimentación animal.* Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Pp.187.
43. **Lesson S. 2008.** Predictions for commercial poultry nutrition. *J. Appl. Poult. Res.* 17: 315-322.
44. **Li X, Liu L, Li K, Hao K. 2007.** Effect of fructooligosaccharides and antibiotics on laying performance of chickens and cholesterol content of egg yolk. *Br Poult Sci.* 48(2):185-9.
45. **Manrique I, Hermann M, Bernet T. 2004.** Yacón – Ficha Técnica. Centro Internacional de la Papa ISBN 92-9060-243-0. Lima – Perú. pp. 2.
46. **Mateos GG, Lázaro R, Gracia MI. 2002.** The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. *J. Appl. Poult. Res.* 11: 437-452.
47. **McLelland J. 1990.** *A Colour Atlas of Avian Anatomy.* Wolfe Publishing Ltd. Pp. 47-65.
48. **Miles R. 2006.** Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. *Poultry Science* 85:476-485.
49. **Monsan P. and F Paul. 1995.** Oligosaccharide feed additives. *Biotechnology in Animal Feed and Animal Feeding.* Pp 233-245. Ed. VCH. New York. USA.
50. **Naqi SA, Lewis DH, Hall CF. 1970.** Intestinal microflora of turkeys. *Avian Disease.* 14:620-625.
51. **Narinder K, Gupta A. 2002.** Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci.* 27(7):703-714.

52. **Núñez MI. 2002.** Evaluación de la exportación del yacón producido en el Perú, teniendo como destino del Japón. *Anales Científicos UNALM* 50, C3: 264-275.
53. **Patterson JA, Burkholder KM. 2003.** Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science* 82: 627-631.
54. **Quintana JA. 1991.** Avitecnia. Manejo de las Aves Domésticas Comunes. Pp. 261-267.
55. **Savage T, Cotter P, Zakrzewska E. 1996.** The effect of feeding a mannan oligosaccharide on immunoglobulins, plasma IgG and bile IgA of Wrolstad MW male turkeys. *Poultry Sci.* 75(Suppl. 1):143.(Abstrac)
56. **Schales C, Schales K. 1994.** Galliformes. En: BW Ritchie, GJ Harrison, LR Harrison. *Avian Medicine: Principles and Application.* Wingers Publishing, Inc. Florida. Pp. 1218-1236.
57. **Shan, A.; Wang, L. 2002.** Effects of Fructooligosaccharides, compared with Direct-Fed Microbial Bacteria, and Zinc Bacitracin on Cecal Microbial Populations and Performance of Broilers. *Journal of Northeast Agricultural University.* 9:42-48.
58. **Scholtyssek S. 1970.** Manual de Avicultura Moderna. Editorial Acribia, Zaragoza. Pp. 313-332.
59. **Schopflocher R. 1994.** Avicultura lucrativa. Cría de gallinas, patos, pavos y gansos. Editorial Albatros. Argentina. Pp. 389-405.
60. **Sell JL. 1996.** Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. *J. Appl. Poultry Res.* 5: 96-101.
61. **Seminario J, Valderrama M, Manrique I. 2003.** El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP). Universidad Nacional de Cajamarca, Agenda Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima, Perú. 60 p.
62. **Sklan D. 2001.** Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal* 57: 415-428.

63. **Starr MP and DM Reynolds. 1951.** Streptomycin resistance of coliform bacteria from turkeys fed streptomycin. Pages 15–34 in Proceedings of the 51st General Meeting, Society of American Bacteriology, Chicago, USA.
64. **Stone KJ and JL Strominger. 1971.** Mechanism of action of bacitracin: complexation with metal metal ion and C55_isopropenyl pyrophosphate. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 68:3223-3227. (abstract)
65. **Šušković J, Kos B, Goreta J, Matošić S. 2001.** Role of lactic acid bacteria and bifidobacteria in synbiotic effect. Food technol. Biotechnol. 93 (3): 227-235.
66. **Tellez G, Higgins SE, Donoghue AM, Hargis BM. 2006.** Digestive physiology and the role of microorganisms. J. Appl. Poult. Res. 15: 136-144.
67. **Torres C, Zarazaga M. 1998.** Repercusiones en el hombre del consumo de antibióticos por animales. Rev Esp Quimioterapia. 11:29-35.
68. **Torres-Rodriguez A, Higgins SE, Vicente JLS, Wolfenden AD, Gaona-Ramírez G, Barton JT, Tellez G, Donoghue AM, Hargis BM. 2007.** Effect of lactose as a prebiotic on turkey body weight under commercial conditions. J, Appl. Poult. Res. 16: 635-641.
69. **Verdonk JMAJ, Shim SB, van Leeuwen P, Verstegen MWA. 2005.** Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. British Journal of Nutrition 93 (Suppl. 1): S125-S138.
70. **Vicente J, Wolfenden A, Torres-Rodriguez A, Higgins S, Tellez G, Hargis B. 2007.** Effect of a *Lactobacillus* species-based probiotic and dietary lactose prebiotic on turkey poult performance with or without *Salmonella* enteritidis challenge. J. Appl. Poult. Res. 16: 361-364.
71. **Waldroup PW, Cabel MC, Adams MH. 1993.** Effects of zinc bacitracin fed in combination with monensin on weight gain and feed utilization of turkeys. J. Appl. Poultry Res. 2: 356-360.
72. **Waldroup P, Oviedo-Rondon E, Fritts C. 2003.** Comparison of Bio-Mos® and Antibiotic Feeding Programs in Broiler Diets Containing Copper Sulfate. International Journal of Poultry Science 2 (1): 28-31.

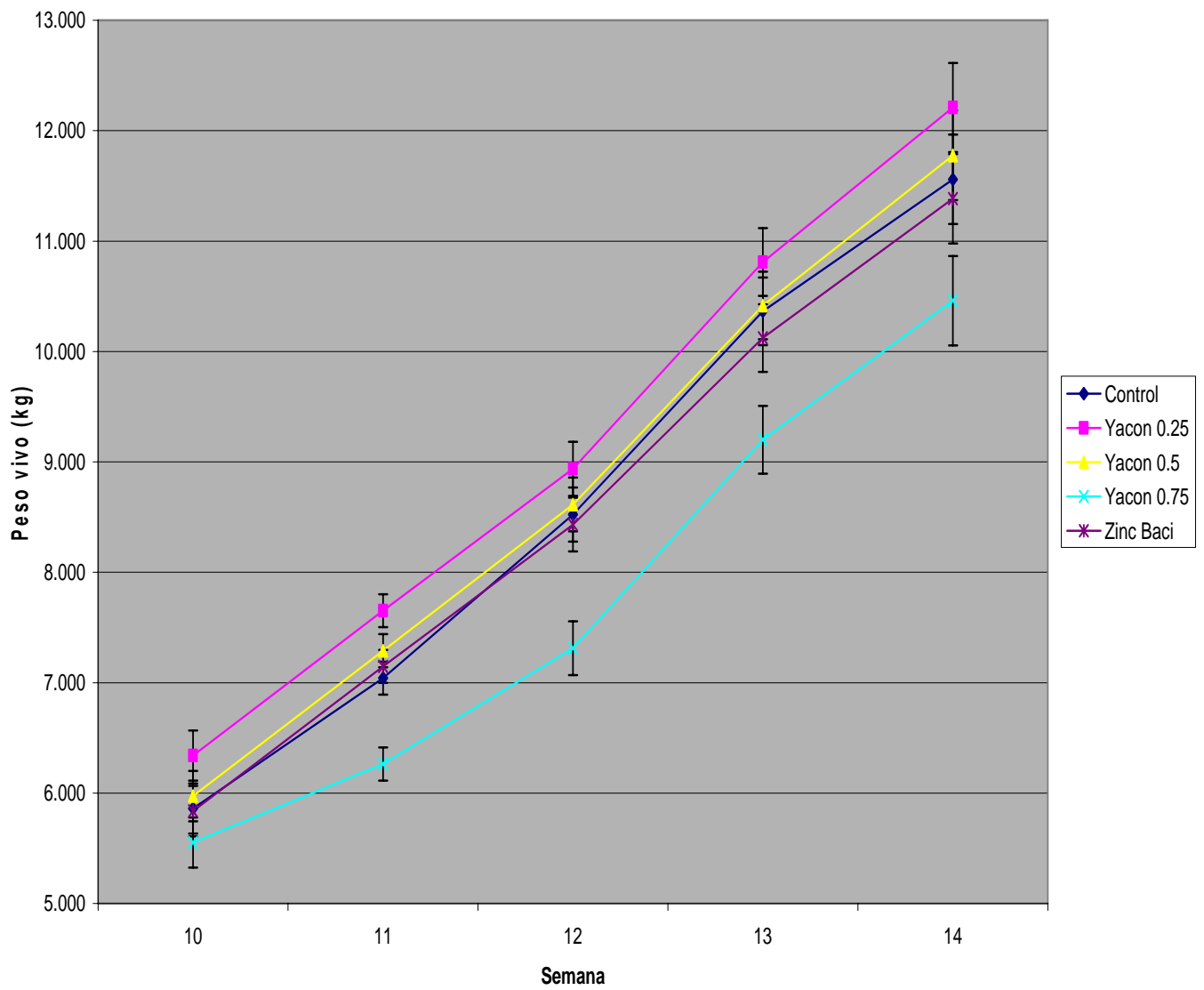
73. **Zdunczyk Z, Juskiewicz J, Jankowski J, Biedrzycka E, Koncicki A. 2005.**

Metabolic response of the gastrointestinal tract of turkeys to diets with different levels of mannan-oligosaccharide. Poultry Science 84: 903-909.

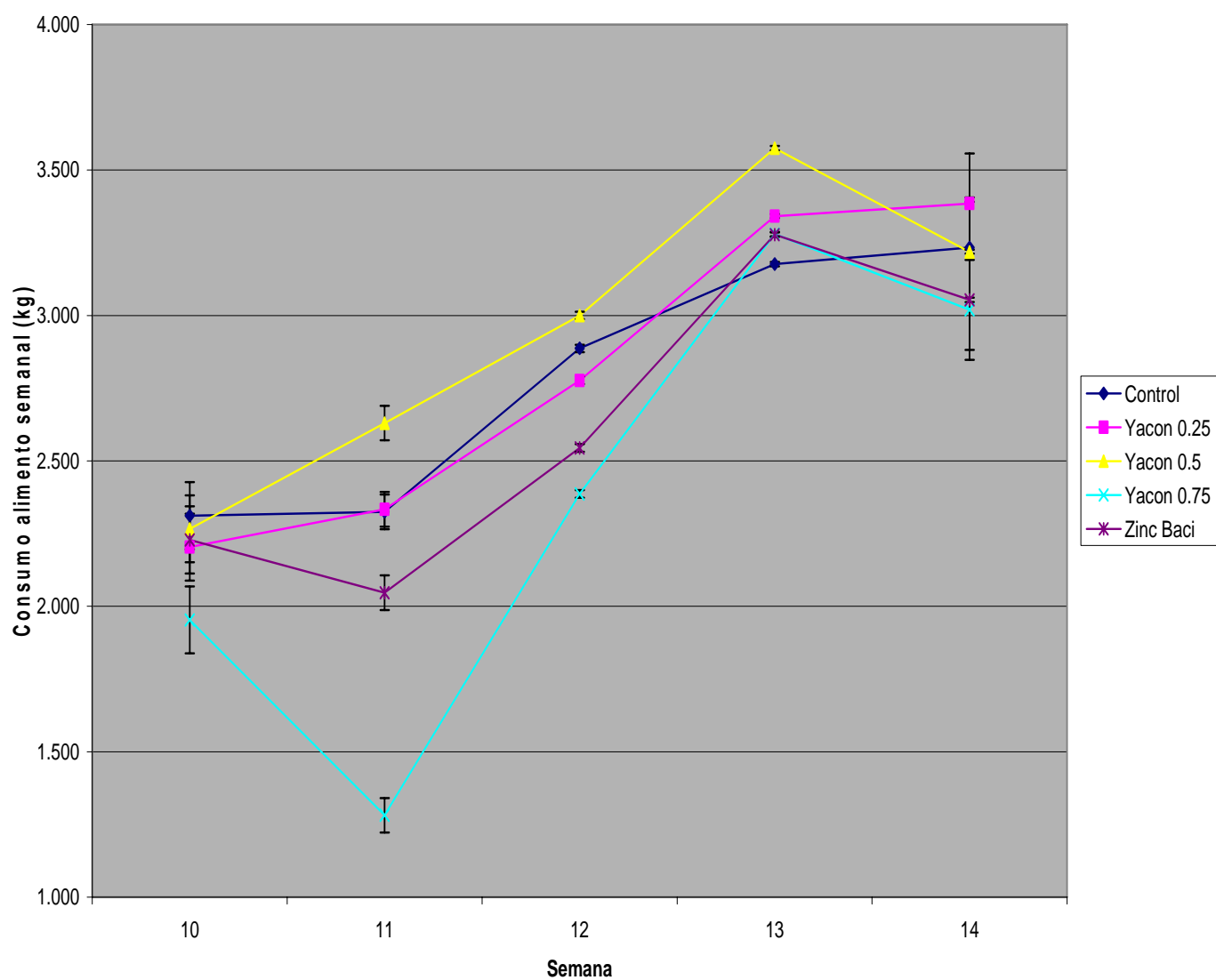
74. **Xu, Ch.; Xia M. 2003.** Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. Poult Sci. 2003 Jun;82(6):1030-6

IX. APÉNDICE

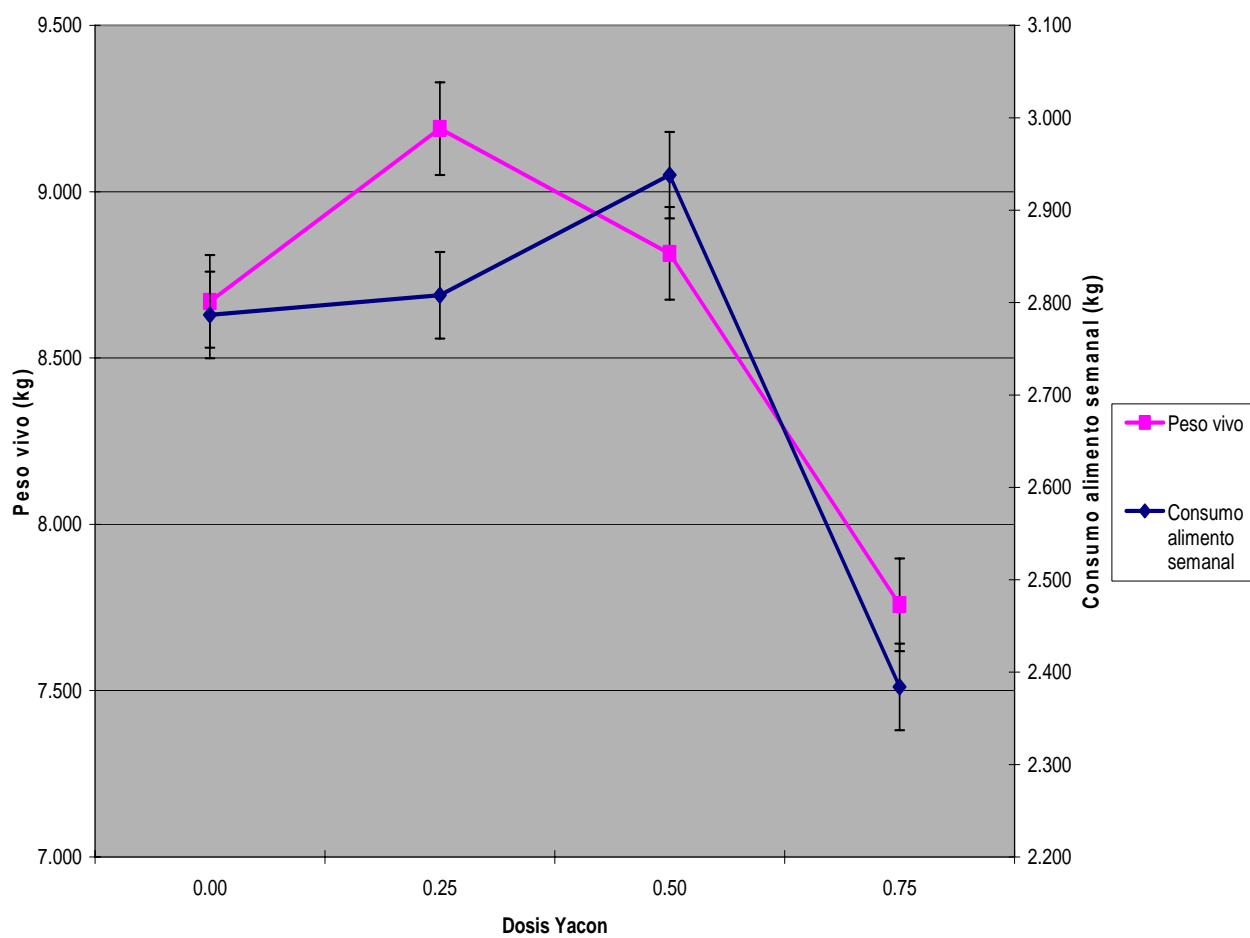
Apéndice 1. Curvas de crecimiento de la semana 10 hasta la semana 14 para cada tratamiento.



Apéndice 2. Consumo de alimento semanal de la semana 10 hasta la semana 14 para cada tratamiento.



Apéndice 3. Efecto de la dosis de yacon sobre el peso vivo y el consumo de alimento semanal.



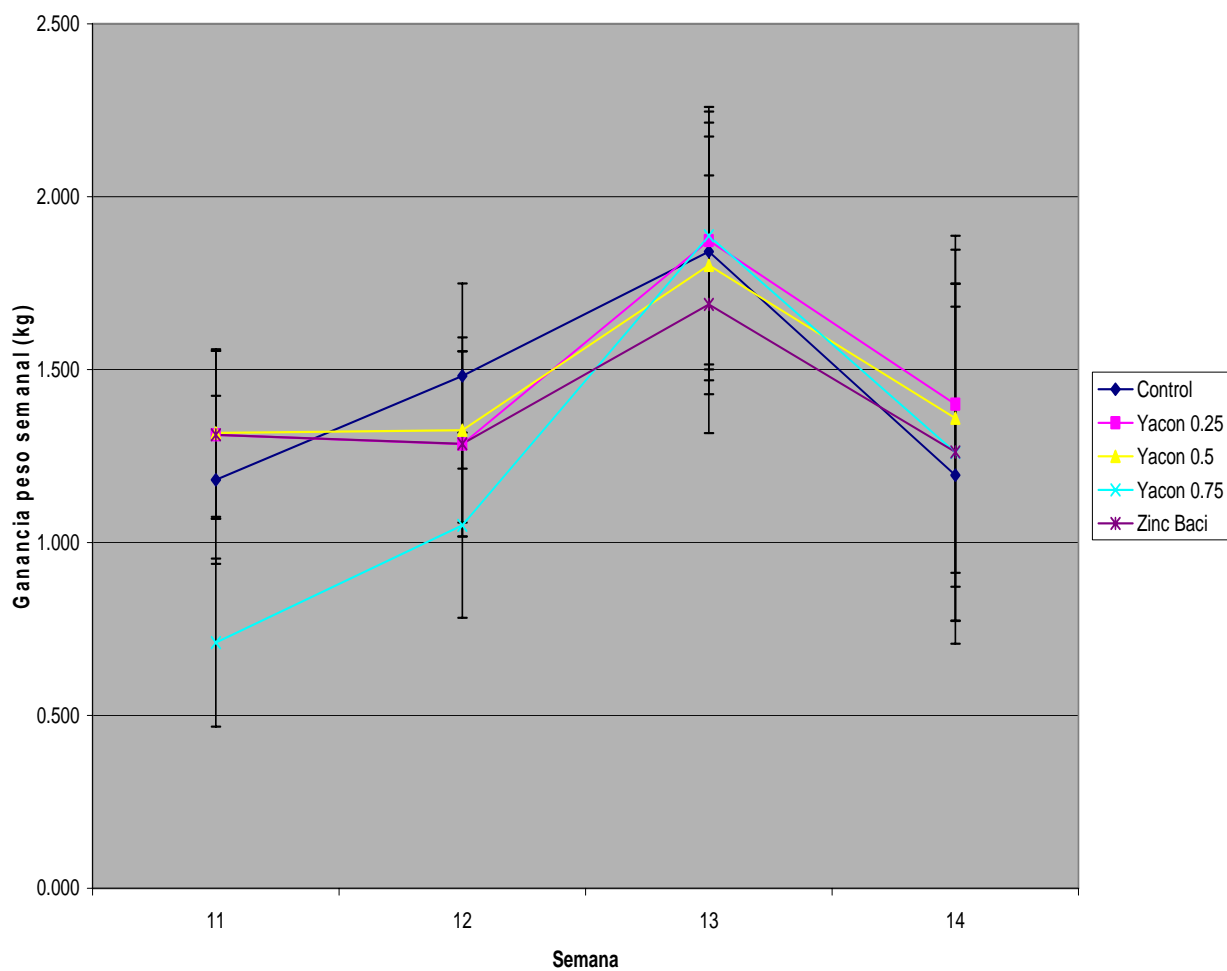
Apéndice 4. Contrastes polinómicos de las dosis de yacón para el peso vivo y el consumo de alimento semanal.

	Contraste	SC	gl	CM	F	Sig
Peso	Lineal	2.419	1	2.419	19.169	0.000
	Cuadrático	3.104	1	3.104	24.594	0.000
	Cúbico	0.011	1	0.011	0.091	0.766
Consumo	Lineal	0.290	1	0.290	20.380	0.000
	Cuadrático	0.414	1	0.414	29.030	0.000
	Cúbico	0.157	1	0.157	11.022	0.003

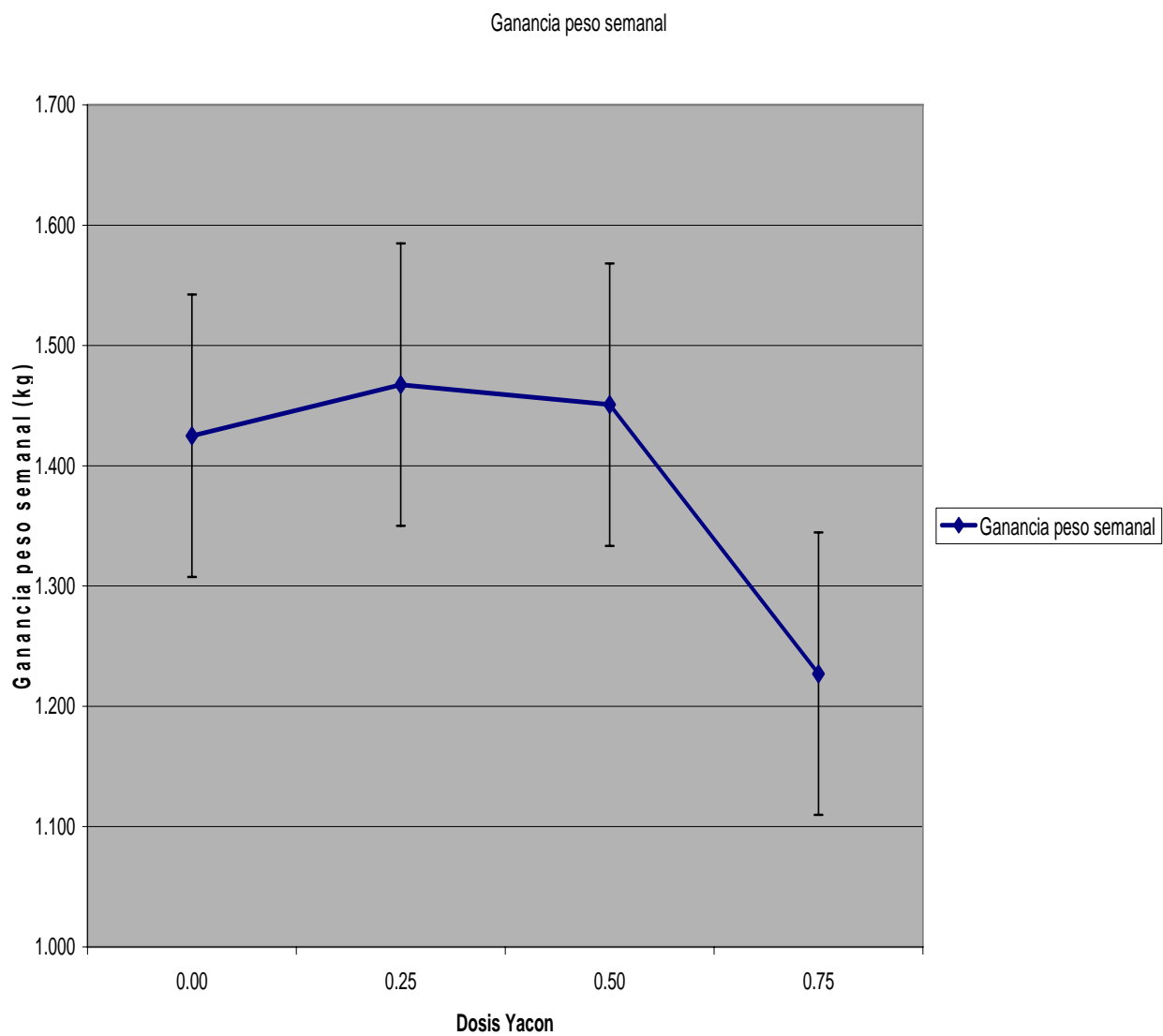
El efecto de la dosis de yacón sobre el peso vivo se comportó de manera cuadrática, observándose una mejor respuesta a una dosis de yacón al 0.25%.

El efecto de la dosis de yacón sobre el consumo de alimento semanal se comportó de manera cúbica, observándose una mejor respuesta a una dosis de yacón al 0.50%.

Apéndice 5. Ganancia de peso semanal de la semana 11 hasta la semana 14 para cada tratamiento



Apéndice 6. Efecto de la dosis de yacón sobre la ganancia de peso semanal.

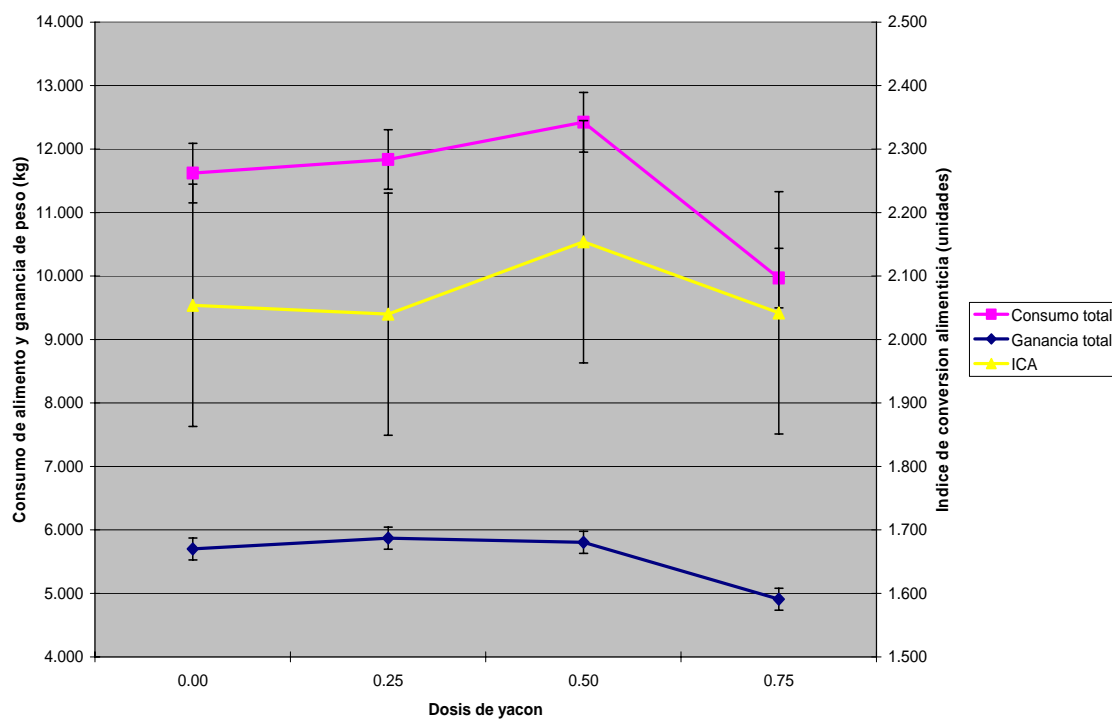


Apéndice 7. Contrastes polinómicos de las dosis de yacon para la ganancia de peso semanal.

	Contraste	SC	gl	CM	F	Sig
Ganancia semanal	Lineal	0.093	1	0.093	1.299	0.268
	Cuadrático	0.089	1	0.089	1.236	0.280
	Cúbico	0.005	1	0.005	0.076	0.785

Como se puede observar no hubo efecto de la dosis de Yacón sobre la Ganancia de peso semanal.

Apéndice 8. Efecto de la dosis de yacon sobre el consumo de alimento acumulado, la ganancia de peso acumulada y la conversión alimenticia de la semana 10 a la 14.



Apéndice 9. Contrastes polinómicos de las dosis de yacón para el consumo de alimento acumulado, la ganancia de peso acumulada y el índice de conversión alimenticia de la semana 10 a la 14.

	Contraste	SC	gl	CM	F	Sig
Consumo total	Lineal	4.790	1	4.790	101.13	0.000
	Cuadrático	1.784	1	1.784	37.66	0.000
	Cúbico	2.915	1	2.915	61.54	0.000
Ganancia total	Lineal	1.491	1	1.491	5.20	0.034
	Cuadrático	0.284	1	0.284	0.99	0.332
	Cúbico	0.088	1	0.088	0.31	0.587
ICA	Lineal	0.002	1	0.002	0.04	0.846
	Cuadrático	0.002	1	0.002	0.06	0.807
	Cúbico	0.031	1	0.031	0.80	0.383

El efecto de la dosis de yacón sobre el consumo de alimento acumulado se comporta de manera cúbica, observándose una mejor respuesta a una dosis de yacón al 0.50% .El efecto de la dosis de yacón sobre la ganancia de peso acumulada se comportó de manera lineal, observándose que mientras se iba incrementando la dosis, la ganancia de peso iba disminuyendo. No hubo efecto de la dosis de yacón sobre el índice de conversión alimenticia. Sin embargo podemos apreciar que a una dosis de yacón al 0.50% el índice de conversión alimenticia fue mayor que las demás dosis.

Apéndice 10. Requerimientos nutricionales para pavos de carne (engorde mixto de 14 semanas).

Nutrientes	INICIO (0 – 3 semanas)	CRECIMIENTO (4 – 10 semanas)	ACABADO (11 – 14 semanas)
Proteína (%)	26.00	22.00	18.00
Lisina (%)	1.45	1.40	1.00
Metionina (%)	0.54	0.48	0.40
Metionina + cistina (%)	0.94	0.84	0.71
Calcio (%)	1.30	1.20	0.95
Fósforo disponible (%)	0.80	0.70	0.50
Energía (Kcal. EM/Kg)	2,800	2,950	3,250

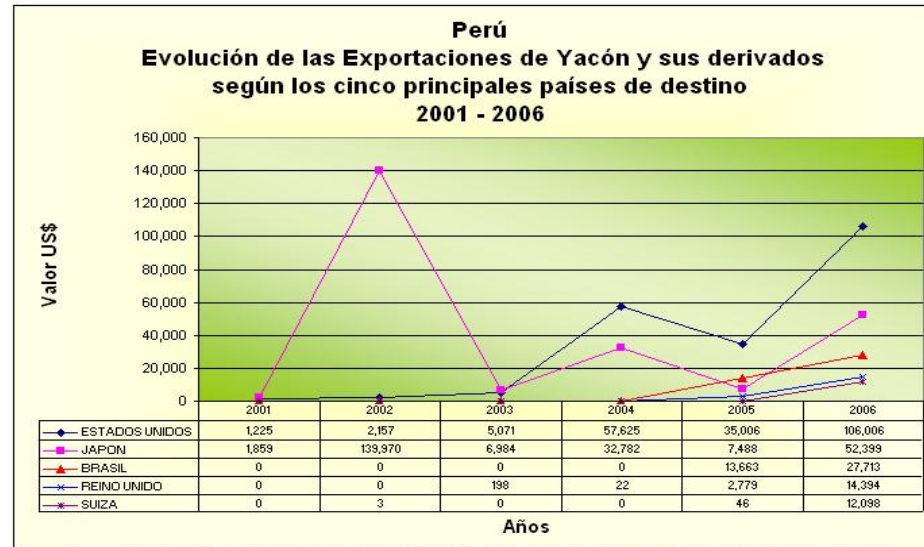
Fuente: Ciriaco (2007)

Apéndice 11. Especificaciones nutricionales para dietas de pavos de carne BUT.

Nutrientes	Pre-inicio	Inicio	Crecimiento I	Crecimiento II	Crecimiento III	Acabado I	Acabado II
Machos	(0-21 días)	(22-43)	(44-63)	(64-83)	(84-103)	(104-121)	(122-beneficio)
Hembras	(0-21 días)	(22-36)	(37-56)	(57-75)	(76-92)	(93-108)	(109-beneficio)
EM (Kcal/Kg)	2,838	2,882	3,025	3,190	3,245	3,355	3,410
Proteína bruta (%)	28.50	26.00	23.00	21.00	19.00	18.00	17.00
Lisina (%)	1.80	1.62	1.45	1.30	1.10	1.00	0.90
Metionina (%)	0.70	0.65	0.60	0.56	0.51	0.48	0.42
Metionina + Cistina (%)	1.15	1.10	1.02	0.93	0.88	0.80	0.73
Arginina (%)	1.98	1.78	1.60	1.43	1.21	1.10	0.99
Treonina (%)	1.05	1.00	0.94	0.85	0.72	0.67	0.60
Triptofano (%)	0.32	0.28	0.26	0.24	0.21	0.18	0.15
Ac. Linoleico (%)	1.50	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Calcio (%)	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90
Fósforo disponible (%)	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
Sodio (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cloro (%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Potasio (%)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60

Fuente: Ciriaco (2007)

Apéndice 12. Situación de la exportación de yacón y sus derivados



Fuente: SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE ADMINISTRACION TRIBUTARIA
Elaboración: BIOCOMERCIO PERU / PROMPEX



Fuente: SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE ADMINISTRACION TRIBUTARIA
Elaboración: BIOCOMERCIO PERU / PROMPEX

Apéndice 13. Exportación de yacón y sus derivados según tipo de presentación



Fuente: SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE ADMINISTRACION TRIBUTARIA
Elaboración: BIOCOMERCIO PERU / PROMPEX

Apéndice 14. Exportaciones según tipo de presentación - yacón y sus derivados

PRESENTACION	2005		2006	
	Valor Fob US\$	Kgs Bruto	Valor Fob US\$	Kgs Bruto
HOJAS	2,664	342	1,385	157
MIEL	20,956	2,193	66,337	7,883
EMBARQUE MIXTO	13,203	6,086	90,733	°73,518
HOJUELAS	25,953	2,408	23,789	2,179
EXTRACTO	9,011	396	51,706	6,234
HARINA	7,836	758	10,083	1,233
DESHIDRATADO	4	2	0	0
RAIZ	0	0	0	4
OTRAS PRESENTACIONES	10,747	3,732	2,951	1,271
CAPSULAS	10,595	434	1,095	62
JUGO	161	68	0	0
PRESENTACION NO ESPECIFICADA	3	10	1,903	654
FILTRANTE	809	70	1,474	152
MERMELADA	6	3	0	0
	101,948	16,503	251,457	93,348

Fuente: Superintendencia nacional de administración tributaria Elaboración:
BIOCOMERCIO PERU, 2007

Apéndice 15. Costo de producción para 1 hectárea de yacón comercial en Cajamarca

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
Preparación del Terreno				
Arado y Secado	Yunta	6	30.00	180.00
Siembra				
Semilla	Saco	38	48	2280.00
Aplicación abono	Jornal	6	10.00	60.00
Distribución semilla	Jornal	6	10.00	60.00
Tapado	Jornal	10	10.00	100.00
Deshierbe				
Primer deshierbe	Jornal	30	10.00	300.00
Segundo deshierbe	Jornal	25	10.00	250.00
Abono				
Humus lombriz	Sacos	100	15.00	1500.00
	Jornal	10	10.00	100.00
Riego				
Primer riego	Jornal	4	10.00	40.00
Segundo riego	Jornal	4	10.00	40.00
Cosecha				
Corte de tallo	Jornal	6	10.00	60.00
Cava	Jornal	15	10.00	150.00
Arrancado	Jornal	5	10.00	50.00
Limpieza	Jornal	5	10.00	50.00
Embalaje	Jornal	5	10.00	50.00
Transporte	Flete	36	7.00	252.00
Imprevistos (10%)				522.00
Total de gastos				6044.00

Seminario, 2003

En Cajamarca, el rendimiento promedio evaluado durante varias campañas y en cuatro sitios (Los Eucaliptos, Universidad Nacional de Cajamarca, Baños del Inca y Hualqui) es alrededor de 40 a 50 Tn de yacón/Ha

ESTIMACIÓN DE COSTO DE YACÓN FRESCO*

Costo por TM de yacón fresco: $S/ 6044/50 = S/ 120.88/\text{kg}$ ó $\$38.37 / \text{kg}^{**}$

Costo por Kg de yacón fresco: $S/. 120.088 /1000 = S/. 0.121$ ó $\$ 0.38 / \text{kg}^{**}$

*** Elaboración propia**

**** Tipo de cambio (\$) = S/ 3.15**

Apéndice 16. Estimación de costo de kg de harina de yacón, empleando un modelo de obtención de costos de producción de harina de camote de una planta procesadora

Al año	CAMOTE ^a	YACÓN ^b
Materia prima al año (TM)	762	762
Costo total de materia prima (US\$)	38082.00	29237.94*
Rendimiento %	35.40	5.34**
Total de producción de harina (TM)	270.00	40.69

a. Tokomura, 1995

b. Elaboración Propia

* Obtenido en el apéndice 5

** Dato proporcionado por la empresa Agroindustrias Alimenticias Natura

Costo total de producción de harina en un año

	CAMOTE ^a	YACÓN ^b
Materia prima	38082.00	29237.94
MOD	18396.00	18396.00
MOI	8584.80	8584.80
Envases	4060.54	4060.54
Agua	120.00	120.00
Energía	2007.36	2007.36
Gas Propano	3246.00	3246.00
Mantenimiento	2400.00	2400.00
Seguro	1200.00	1200.00
Depreciación	21998.31	21998.31
TOTAL (US\$)	100 095.01	91 250.95

a. Tokumura, 1995

b. Elaboración Propia

Costo de producción de 01 kg de harina

	CAMOTE ^a	YACÓN ^b
Costo total de producción (US\$)	100 095.01	91 250.95
Total de producción de harina (TM)	270.00	40.69
Costo por TM (US\$)	370.7	2242.59
Costo por kg (US\$)	0.37	2.24
Costo por kg (S/.)*	1.16	7.06

a. Tokumura, 1995

b. Elaboración Propia

* Tipo de cambio= S/. 3.15

Apéndice 17 Formulación de dietas al mínimo costo

ZMix v2.0 (c) 1997-2002 por ZooTech.

Licenciado a: WILLY

UNALM

Fecha: Sábado 4/11/2006 Hora: 18:47:18

SOLUCION AL MINIMO COSTO:

Restricción de Insumos : **CONTROL**

Restricción de Nutrientes: Pavo-creci9-12

Insumo	Peso Fresco
MAIZ NACIONAL	51.0000 %
HARINA INTEG SOYA ALBACRU	34.7000 %
TORTA DE SOYA PARAGUAYA	6.4041 %
FOSFATO DICALCICO	2.0000 %
CARBONATO DE CALCIO	1.3319 %
SUBPRODUCTO DE TRIGO	1.1000 %
HCL LISINA	1.0000 %
FOSFATO MONO DICALCICO	0.9714 %
DL-METIONINA	0.7464 %
SAL COMUN	0.4162 %
ANTI HONGO	0.1500 %
PREMEZCLA VITA+MINERALES	0.1000 %
CLORURO COLINA 75%	0.0800 %

La suma de los insumos es 100.0000 %

PRECIO mínimo (Fresco): 1.1415 N.Sol/Kg

2. ZMix v2.0 (c) 1997-2002 por ZooTech.

Licenciado a: WILLY

UNALM

Fecha: Sábado 4/11/2006 Hora: 19:15:19

SOLUCION AL MINIMO COSTO:

Restricción de Insumos : **YACON-25**

Restricción de Nutrientes: Pavo-creci9-12

Insumo	Peso Fresco
MAIZ NACIONAL	51.0000 %
HARINA INTEG SOYA ALBACRU	34.7000 %
TORTA DE SOYA PARAGUAYA	6.2697 %
FOSFATO DICALCICO	2.0000 %
CARBONATO DE CALCIO	1.3309 %
HCL LISINA	1.0000 %
FOSFATO MONO DICALCICO	0.9769 %
DL-METIONINA	0.9257 %
SUBPRODUCTO DE TRIGO	0.8000 %
SAL COMUN	0.4168 %
HARINA DE YACON	0.2500 %
ANTIONGO	0.1500 %
PREMEZCLA VITA+MINERALES	0.1000 %
CLORURO COLINA 75%	0.0800 %

La suma de los insumos es 100.0000 %

PRECIO mínimo (Fresco): 1.3179 N.Sol/Kg

3. ZMix v2.0 (c) 1997-2002 por ZooTech.

Licenciado a: WILLY

UNALM

Fecha: Sábado 4/11/2006 Hora: 19:23:19

SOLUCION AL MINIMO COSTO:

Restricción de Insumos : **YACON-50**

Restricción de Nutrientes: Pavo-creci9-12

Insumo	Peso Fresco
MAIZ NACIONAL	50.4900 %
HARINA INTEG SOYA ALBACRU	34.7926 %
TORTA DE SOYA PARAGUAYA	6.2728 %
FOSFATO DICALCICO	2.0000 %
CARBONATO DE CALCIO	1.3302 %
HCL LISINA	1.0000 %
SUBPRODUCTO DE TRIGO	1.0000 %
FOSFATO MONO DICALCICO	0.9764 %
DL-METIONINA	0.8913 %
HARINA DE YACON	0.5000 %
SAL COMUN	0.4167 %
ANTIHONGO	0.1500 %
PREMEZCLA VITA+MINERALES	0.1000 %
CLORURO COLINA 75%	0.0800 %

La suma de los insumos es

100.0000 %

PRECIO mínimo (Fresco): 1.4666 N.Sol/Kg

4. ZMix v2.0 (c) 1997-2002 por ZooTech.

Licenciado a: WILLY

UNALM

Fecha: Sábado 4/11/2006 Hora: 19:24:19

SOLUCION AL MINIMO COSTO:

Restricción de Insumos : **YACON-75**

Restricción de Nutrientes: Pavo-creci9-12

Insumo	Peso Fresco
MAIZ NACIONAL	50.3500 %
HARINA INTEG SOYA ALBACRU	34.8150 %
TORTA DE SOYA PARAGUAYA	6.3182 %
FOSFATO DICALCICO	2.0000 %
CARBONATO DE CALCIO	1.3292 %
HCL LISINA	1.0000 %
FOSFATO MONO DICALCICO	0.9789 %
DL-METIONINA	0.9118 %
SUBPRODUCTO DE TRIGO	0.8000 %
HARINA DE YACON	0.7500 %
SAL COMUN	0.4169 %
ANTIONGO	0.1500 %
PREMEZCLA VITA+MINERALES	0.1000 %
CLORURO COLINA 75%	0.0800 %

La suma de los insumos es

100.0000 %

PRECIO mínimo (Fresco): 1.6234 N.Sol/Kg

5. ZMix v2.0 (c) 1997-2002 por ZooTech.

Licenciado a: WILLY

UNALM

Fecha: Sábado 4/11/2006 Hora: 19:10:19

SOLUCION AL MINIMO COSTO:

Restricción de Insumos : ZINCBACI

Restricción de Nutrientes: Pavo-creci9-12

Insumo	Peso Fresco
MAIZ NACIONAL	51.5000 %
HARINA INTEG SOYA ALBACRU	33.7509 %
TORTA DE SOYA PARAGUAYA	6.9286 %
FOSFATO DICALCICO	2.0000 %
CARBONATO DE CALCIO	1.3352 %
HCL LISINA	1.0000 %
FOSFATO MONO DICALCICO	0.9724 %
DL-METIONINA	0.9408 %
SUBPRODUCTO DE TRIGO	0.8000 %
SAL COMUN	0.4171 %
ANTIHONGO	0.1500 %
PREMEZCLA VITA+MINERALES	0.1000 %
COLORURO COLINA 75%	0.0800 %
ZINC BACITRACINA 10%	0.0250 %

La suma de los insumos es

100.0000 %

PRECIO mínimo (Fresco): 1.1686 N.Sol/Kg

Apéndice 18 Análisis proximal de los insumos empleados en las raciones para pavos de engorde

Insumos	Humedad %	Materia seca %	Proteínas %		EE %		Fibra Cruda %		Ceniza %		ELN %	
			BH	BS	BH	BS	BH	BS	BH	BS	BH	BS
Yacón	85.98	14.02	0.74	5.27	0.11	0.76	0.67	4.81	0.58	4.13	11.92	85.03
Torta de Soya	8.51	91.49	44	48	0.8	0.8	4.6	5.1	6.9	7.5	35	39
Harina Integral Soya	6.77	93.23	37	40	20	22	9.9	11	5.7	6.1	20	22
Afrecho de Trigo	8.6	91.4	16	17	3.8	4.1	9.3	10	5.1	5.6	58	63
Maíz Molido	8.35	91.65	8.9	9.7	3.5	3.8	2.3	2.5	1.4	1.5	76	83

A.O.A.C. 1990. Oficial methods of analysis.

Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal (2007).