

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO
DE FÓSFORO DISPONIBLE Y FITASA
EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA EN INICIACIÓN //**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

JOSÉ BELTRÁN LÓPEZ

Mayo del 2000

Chapingo, Estado de México



**DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**



928531

**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE FÓSFORO
DISPONIBLE Y FITASA, EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA EN
INICIACIÓN**

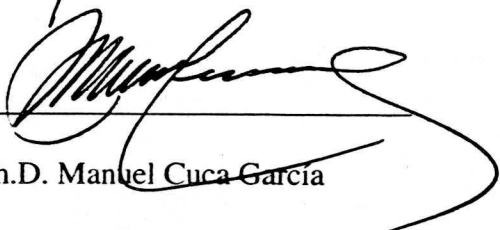
Tesis realizada por **José Beltrán López** bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR: _____


Ph.D. Mariano J. González Alcorta

ASESOR: _____


Ph.D. Manuel Cuca García

ASESOR: _____


M.Sc. Arturo Pró Martínez

36414

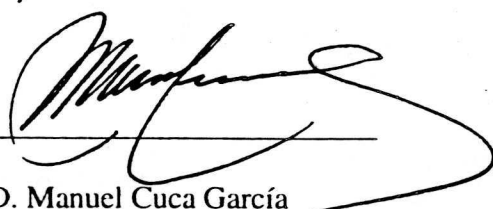
**NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE FÓSFORO
DISPONIBLE Y FITASA, EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA EN
INICIACIÓN**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **José Beltrán López** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE: _____


Ph.D. Mariano J. González Alcorta

ASESOR: _____


Ph.D. Manuel Cuca García

ASESOR: _____


M.Sc. Arturo Pró Martínez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo económico recibido para la realización de mis estudios de Posgrado.

Al Programa de Posgrado en Producción Animal por los conocimientos recibidos durante mi estancia y todo el apoyo recibido para la culminación de mis estudios.

Al Ph. D. Mariano González Alcorta por su desinteresada participación en mi formación en estos estudios de posgrado, por sus conocimientos brindados y por su apreciada amistad.

Al Ph. D. Manuel Cuca García por compartir sus valiosos conocimientos, por permitirme colaborar con él en el S.N.I. y por su gran amistad.

Al M. Sc. Arturo Pro Martínez por su colaboración en la realización de la presente investigación.

A la empresa BASF Mexicana S.A. de C.V. , y en especial al la M.V.Z. Mónica Vallardi por su colaboración y por haber proporcionado material de gran ayuda para la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres: Gollo y Tony, por los momentos de apoyo que siempre he recibido, por sus consejos y por su gran amor.

Para mis hermanos Yadi y Gollo, por ser grandes amigos y estar siempre juntos.

A mis tios Mingo y Soco, por su apoyo y cariño que siempre me han brindado.

A mis primos Omar y Ericka, por los momentos que pasamos juntos.

Especialmente, a mi amor: Miriam; por todo el tiempo que me has soportado y que ha sido importante para lograr este objetivo, porque has hecho que mi vida cambie, gracias por dejar que te quiera.

A todos mis familiares y amigos por estar siempre conmigo.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: José Beltrán López

Lugar de origen: Xochicoatlán. Hgo.

Fecha de Nacimiento: 05 de diciembre de 1973

Formación Académica:

Escuela Primaria Federal "Benito Juárez". Xochicoatlán. Hgo. (1979-1985).

Escuela Secundaria Federal "José Hernández". Xochicoatlán. Hgo. (1985-1988).

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. (1988-1991).

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México (1991-1995).

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Desempeño profesional:

FIRA-Banco de México. Periodo: 1996. Puesto: Residente Auxiliar. Lugar: Agencia de Guamúchil. Sinaloa.

Malta-cleyton. Malta Texo de México S.A. de C.V. Periodo: febrero de 1999 a la fecha. Función: Especialista en Nutrición de Cerdos. Lugar: México. D.F.

RESUMEN

J. Beltrán López , M. J. González Alcorta, M. Cuca García y A. Pró Martínez

NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICO Y ECONÓMICO DE FÓSFORO DISPONIBLE Y FITASA EN DIETAS PARA POLLO DE ENGORDA EN INICIACIÓN

(Mayo, 2000)

La disponibilidad del fósforo (P) presente en ingredientes de origen vegetal es limitada para las aves, por lo que es necesario complementar con P inorgánico sus dietas; recientemente se ha utilizado la fitasa para mejorar la disponibilidad del P fítico. Para calcular los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de P disponible (Pd) con fitasa, así como evaluar el efecto de la fitasa en el peso vivo (PV) y contenido de cenizas en tibia (% cenizas) en pollos de engorda de 1-21 días, se realizaron dos experimentos. Se calcularon los NOB de Pd para PV en 0.471% con 0 FTU y 0.3985% con 600 FTU, y para % cenizas en 0.476% con 0 FTU y 0.433% con 600 FTU, y el NOE en 0.391% de Pd y 600 FTU. Para obtener el máximo PV es posible reducir en 0.725 g/kg alimento (0.0725%) de P inorgánico al adicionar 600 FTU.

Palabras-clave: Fósforo disponible, fitasa, nivel óptimo biológico, nivel óptimo económico, pollo de engorda.

ABSTRACT

J. Beltrán López , M. J. González Alcorta, M. Cuca García y A. Pró Martínez

OPTIMAL BIOLOGICAL AND ECONOMIC LEVELS OF AVAILABLE PHOSPHORUS WITH ADITION OF PHYTASE FOR STARTER CHICKS (1-21 DAYS)

(May, 2000)

The availability of phosphorus (P) in vegetal ingredients is limited for the poultry, as for what is necessary to complete with inorganic phosphorus their diets; lately the phytase have been used to improve the availability of phytic phosphorus. To calculate the optimal biological level (OBL) and the optimal economical level (OEL) of available phosphorus (aP) with phytase, as well as evaluate the phytase effect in live weight (LW) and ashes contained in shinbone (% ashes) in chicks of 1-21 days, two experiments were carried out. Were calculate the OBL of aP for LW in 0.471% with 0 FTU and 0.3985% with 600 FTU, and for % ashes in 0.476% with 0 FTU and 0.433% with 600 FTU. To obtain the maximum LW is possible to reduce in 0.725 g/kg of feed (0.0725%) of inorganic P to add 600 FTU.

Key words: available phosphorus, phytase, optimal biological level, optimal economical level, chicks.

CONTENIDO

Índice de Cuadros.....	iii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexos.....	x
I.- Introducción.....	1
II.- Revisión de literatura.....	3
1.- Marco de referencia.....	3
1.1.- Producción de pollo en México.....	3
1.2.- La industria de alimentos balanceados en México.....	4
1.3.- Formulación de dietas.....	6
1.4.- Beneficio de la formulación de dietas de máxima utilidad.....	7
2.- Marco conceptual.....	8
2.1.- Alimentación del pollo de engorda.....	8
2.2.- Minerales.....	9
2.3.- Fósforo.....	10
2.3.1.- Disponibilidad del fósforo de los ingredientes vegetales.....	11
2.4.- Enzima fitasa.....	14
2.5.- Recomendaciones de nutrimentos en las dietas.....	16
2.5.1.- Recomendaciones de fósforo disponible.....	19
2.5.2.- Recomendaciones de fitasa.....	21

2.6.- Formulación de dietas de máxima utilidad.....	22
III.- Problemática.....	24
IV.- Hipótesis.....	25
V.- Objetivos.....	26
VI.- Materiales y métodos.....	27
VII.- Resultados y discusión.....	37
VIII.- Conclusiones.....	71
IX.- Recomendaciones.....	72
X.- Literatura citada.....	73
XI.- Anexos.....	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Porcentaje de fósforo total, fítico y disponible de algunos ingredientes de origen vegetal comúnmente empleados en dietas para aves.....	13
Cuadro 2.- Requerimientos, tendencias numéricas o estadísticas y niveles óptimos biológicos (NOB) de fósforo disponible (Pd) para máximo peso vivo de pollo de engorda.....	20
Cuadro 3.- Dietas base para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad, utilizadas en los experimento 1 y 2 (% de inclusión).....	29
Cuadro 4.- Medias del peso vivo (g) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	37
Cuadro 5.- Medias del consumo de alimento (g) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y Fitasa (FTU).....	39
Cuadro 6.- Medias de la conversión alimenticia (g) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y Fitasa (FTU).....	40
Cuadro 7.- Medias de la utilidad (\$) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y Fitasa (FTU).....	41
Cuadro 8.- Medias del porcentaje de cenizas en tibia (% CEN) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y Fitasa (FTU).....	41
Cuadro 9.- Medias para peso vivo (PV) y consumo de alimento (COAL), como respuesta a niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa (FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.....	43

Cuadro 10.- Medias de la conversión (CA), la utilidad (U \$) y el porcentaje de cenizas en tibia (% CEN), como respuesta a niveles de Pd y de fitasa, en pollos a los 21 días de edad.....	44
Cuadro 11.- Medias del peso vivo (g) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	46
Cuadro 12.- Medias del consumo de alimento (g) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	47
Cuadro 13.- Medias de la conversión alimenticia (g) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	47
Cuadro 14.- Medias de la utilidad (\$) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	48
Cuadro 15.- Medias del porcentaje de cenizas en tibia (% CEN) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a niveles de Pd (%) y fitasa (FTU).....	49
Cuadro 16.- Medias para peso vivo (PV) y consumo de alimento (COAL), como respuesta a niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa (FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.....	50
Cuadro 17.- Medias de la conversión (CA), la utilidad (U \$) y el porcentaje de cenizas en tibia (% CEN), como respuesta a niveles de Pd y de fitasa, en pollos a los 21 días de edad.....	51
Cuadro 18.- Parámetros de regresión estimados para consumo de alimento (COAL), peso vivo (PV) y porcentaje de cenizas en tibia (%CEN).....	53

Cuadro 19.- Nivel óptimo biológico (NOB) de fósforo disponible (Pd) con adición de fitasa (FTU/kg), para peso vivo (PV) y porcentaje de cenizas en tibia (%CEN) en pollos de engorda a los 21 días de edad (calculados por el método de la derivada).....	53
Cuadro 20.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Solver de Microsoft-Excel (EXCEL) para peso vivo (PV).....	56
Cuadro 21.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Microsoft-Excel (EXCEL) para porcentaje de cenizas en tibia (% CEN).....	57
Cuadro 22.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan la utilidad.....	58
Cuadro 23.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del pollo (\$/Kg).....	59
Cuadro 24.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/Kg).....	60
Cuadro 25.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio de la fitasa (\$/Kg).....	61
Cuadro 26.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/Kg) y de la fitasa (\$/Kg).....	62
Cuadro 27.- Parámetros de regresión estimados, para consumo de alimento (COAL) y peso vivo (PV) del análisis global.	63

Cuadro 28.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan (NOB) el peso vivo (PV); análisis global.....	64
Cuadro 29.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan (NOE) las utilidades; análisis global.....	65
Cuadro 30.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del pollo (\$/Kg).....	65
Cuadro 31.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/Kg).....	66
Cuadro 32.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio de la fitasa (\$/Kg).....	67
Cuadro 33.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/Kg) y de la fitasa (\$/Kg).....	68
Cuadro 34.- Utilidad obtenida con el requerimiento sugerido por el NRC (1994), por BASF (Mc Knghit, 1996; Coelho, 1996), con el NOB calculado y con el NOE calculado de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg), en pollos de 1 a 21 días de edad (experimento 1).....	69
Cuadro 35.- Utilidad obtenida con el requerimiento sugerido por el NRC (1994), por BASF (Mc Knghit, 1996; Coelho, 1996), con el NOB calculado y con el NOE	

calculado de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg), en pollos de 1 a 21 días de edad (análisis global).....	69
Cuadro 36.- Dietas del Experimento 1.....	81
Cuadro 36.- Dietas del Experimento 2.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Estructura del ácido fítico y del quelato de ácido fítico	12
Figura 2.- Modo de acción de la fitasa	15
Figura 3.- Representación de la teoría microeconómica de la producción.....	12
Figura 4.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el PV (g) de pollos a los 21 días de edad.....	86
Figura 5.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el % CEN en tibia de pollos a los 21 días de edad.....	86
Figura 6.- Peso vivo de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 1).....	87
Figura 7.- Consumo de alimento de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 1).....	87
Figura 8.- Conversión alimenticia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 1).....	88
Figura 9.- % de cenizas en tibia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 1).....	88
Figura 10.- Utilidad en pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 1).....	88
Figura 11.-NOB de Pd (%) con adición de fitasa, para PV y % CEN en tibia de pollos de engorda de 1 a 21 días de edad.....	89

Figura 12.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el PV de pollos a los 21 días de edad.....	89
Figura 13.- Peso vivo de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 2).....	90
Figura 14.- Consumo de alimento de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 2).....	90
Figura 15.- Conversión alimenticia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 2).....	91
Figura 16.- % de cenizas en tibia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 2).....	91
Figura 17.- Utilidad en pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa (Expto. 2).....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.- Dietas experimentales.....	81
Anexo 2.- Modelos para estimación de parámetros.....	82
Anexo 3.- Programas SAS para el modelo de regresión cuadrática.....	83
Anexo 4.- Análisis de varianza.....	84
Anexo 5.- Comportamiento productivo de pollos a 21 días de edad (Expto. 1)	86
Anexo 6.- Efecto del nivel de fósforo disponible y fitasa (Expto. 1).....	87
Anexo 7.- Comportamiento productivo de pollos a 21 días de edad (Expto. 2).....	89
Anexo 8.- Efecto del nivel de fósforo disponible y fitasa (Expto. 2).....	90
Anexo 9.- Peso vivo real y estimado con el modelo cuadrático.....	92
Anexo 10.- Consumo de alimento real y estimado con el modelo cuadrático.....	93
Anexo 11.- Modelos de programación no-lineal para calcular el NOB y NOE de fósforo disponible y de fitasa de las dietas.....	94
Anexo 12.- Programas de GAMS.....	97
Anexo 13.- Programas del Solver de EXCEL.....	112
Anexo 14.- Especificaciones técnicas de Natuphos de BASF.....	117

I.- INTRODUCCIÓN

México es el quinto productor de carne de pollo en el mundo (UNA, 1998); el segundo en la producción de alimentos balanceados en Latinoamérica y se encuentra dentro de los primeros quince productores a nivel mundial (Cassinelli y Gill, 1997); por ello, la industria avícola y la de alimentos balanceados son de gran importancia para el sector agropecuario e industrial del país. Estas industrias deben lograr minimizar sus costos de producción y maximizar sus utilidades, para alcanzar mayor productividad y competitividad en el mercado. Una alternativa es el empleo de nuevas metodologías de formulación de dietas.

De forma tradicional se formula para obtener una dieta de mínimo costo, con requerimientos mínimos que sugieren estándares como el NRC (1994), Cuca et al. (1996) y otros. Sin embargo, la formulación de mínimo costo no garantiza el máximo peso del animal ni la máxima utilidad (González, 1994). Recientemente se ha propuesto un cambio hacia el sistema de formulación de dietas de máxima utilidad, con el uso de modelos econométricos con los que se calculan los niveles óptimos biológico para máximo peso y económico para máxima utilidad, en donde los requerimientos pueden ser variables y depender de los precios de los ingredientes que se utilizan en la formulación, así como del producto final (González, 1994).

En la nutrición de las aves, el fósforo es uno de los minerales más importantes, debido a las funciones que desempeña. En México, las dietas para pollos de engorda se elaboran a base de maíz y/o sorgo y pasta de soya; con estos ingredientes no se cubre la

necesidad o requerimiento de fósforo disponible del ave; además, el fósforo presente en la mayoría de las plantas está unido a fitatos y no es totalmente disponible para los animales no rumiantes, ya que éstos no producen la enzima fitasa para desdoblar el fósforo fítico; por lo tanto, solo entre el 30 y 40% del fósforo total que consumen a través de ingredientes vegetales es no fítico o disponible y el resto no se aprovecha, por lo que se tiene que complementar las dietas con algún ingrediente de origen inorgánico (Nelson, 1967; Broz *et al.*, 1994; Ravindran *et al.*, 1994). Para incrementar la disponibilidad del fósforo de los ingredientes de origen vegetal, se adiciona la enzima fitasa al alimento y es posible reducir la cantidad de fósforo inorgánico necesario para obtener el requerimiento del animal (Denbow *et al.*, 1995; Quian *et al.*, 1996).

En la presente investigación se planteó como hipótesis que el nivel óptimo biológico de fósforo disponible con adición de fitasa difiere al requerimiento que sugieren los estándares, y que éste nivel óptimo biológico es diferente al nivel óptimo económico.

El presente estudio se realizó con el propósito de calcular los niveles óptimos biológico y económico de fósforo disponible con adición de fitasa, mediante la implementación de un sistema de formulación de dietas de máxima utilidad en donde se estimaron el máximo peso vivo y la máxima utilidad, para dietas de pollo de engorda en iniciación.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

1.- MARCO DE REFERENCIA

1.1.- Producción de pollo en México

México es uno de los principales productores avícolas en el mundo, ocupa el quinto lugar mundial en producción de carne de pollo; la industria avícola es un área muy importante en la producción de alimentos de origen animal para consumo humano en México; además, genera aproximadamente al año 132,000 empleos directos y 655,000 indirectos (UNA, 1998). En el país, la producción avícola participó en 1998 con el 57% de la producción pecuaria nacional que representó 3,268,255 ton. de carne y huevo. El 28% correspondió a 1,573,910 ton. de carne, con un valor de \$11,886.17 millones. La participación de la producción de carne de pollo en el PIB total, en el PIB agropecuario y en el PIB pecuario fue de 0.213, 4.484 y 18.51% respectivamente. El número de pollos de engorda al ciclo fue de 170,137,740 (UNA, 1998).

El consumo per cápita de carne de pollo en México en 1995 fue de 16.6 kg, en 1996 de 15.9 kg, en 1997 y 1998 de 16.4 kg (UNA, 1997; 1998).

En México las principales regiones productoras de carne de pollo son: Guanajuato con el 13%, La Laguna 11%, Veracruz 9%, Jalisco 8%, Nuevo León 8%, México 8%, Puebla 7%, Morelos 5%, Querétaro 4% y Yucatán 4% (UNA, 1997). Solo 10 empresas en conjunto producen el 57% de la producción nacional de carne de pollo; estas empresas son Bachoco con 18%, Pilgrim's Pride 14%, Trasgo/Tyson 7%, Univasa 6%, Patsa 3%,

Gigantes Tepa, Justo López, Grupo Genera, Jorge Franco con 2% cada uno y Librado Ayala 1% (Staff Midia, 1998)

La avicultura mexicana, con la crisis económica del país surgida en 1994, la ha recentido como una de las más graves de su historia, ya que los costos de producción han aumentado hasta en casi 200%, debido entre otras cosas a las altas tasas de interés y la devaluación del peso, esto es importante ya que en la elaboración del alimento para las aves se emplean algunos ingredientes importados principalmente maíz y pasta de soya; esta situación afecta más a la avicultura de huevo que a la de carne, sin que ésta última no sea importante (Anónimo, 1996).

La producción de carne de pollo en 1997, creció aproximadamente 3.3% con respecto a 1996; este crecimiento ha sido sostenido desde 1985 cuando se produjeron 600 mil toneladas (Staff Midia, 1998). En 1998 se tuvo un incremento de aproximadamente 5.4% con respecto a 1997 en la producción de carne de pollo (UNA, 1998). Se cree que la producción continuará incrementándose a pesar de la desgravación en las importaciones procedentes de Estados Unidos (Staff Midia, 1998).

1.2.- La industria de alimentos balanceados

México ocupa el 2º lugar en producción de alimentos balanceados en Latinoamérica después de Brasil (Cassinelli y Gill, 1997) y está dentro de los quince primeros del mundo (Rivera y Gill, 1996). Para el pollo de engorda, del total de alimentos balanceados

producidos en el país, a partir de 1981 ha tenido un promedio de participación del 37% aproximadamente (CANACINTRA, 1996); en 1998 la participación fue del 51%. La UNA (1998), reportó un consumo de alimento balanceado por el sector avícola para 1998 de 9,431,585.9 toneladas, distribuido en granos forrajeros (5,941,899.1 ton), pastas de oleaginosas (1,886,317.2 ton) y otros ingredientes (1,603,369.6 ton), respectivamente.

Con el T.L.C., las importaciones de alimento balanceado de los Estados Unidos, afectan la estabilidad de los fabricantes mexicanos por la desventaja a la que se enfrentan por mayores costos de producción con respecto a los productores estadounidenses, esto porque se tiene un mayor costo de los insumos y altos costos financieros. A nivel país, la producción de grano de sorgo y pasta de soya es insuficiente, teniendo que recurrir a grandes importaciones (González, 1995).

La industria de los alimentos balanceados necesita resolver algunos problemas; quizás el más urgente es el de minimizar los costos de producción; contar con un estricto control de calidad, ya que existe mucha variabilidad en el contenido de nutrimentos de los ingredientes, por lo que es indispensable asegurar que las dietas mezcladas tengan realmente el aporte mínimo de nutrimentos especificado; y la más importante es maximizar sus utilidades, para permanecer en el mercado al ser más competitivos (González, 1994).

1.3.- Formulación de dietas

La formulación de dietas se hace de manera tradicional para encontrar el mínimo costo con programación lineal, con requerimientos nutrimentales fijos para obtener máxima eficiencia biológica reflejada en el peso del animal (NRC, 1994; Torres y Martínez, 1995).

Actualmente se están proponiendo sistemas alternativos como la formulación estocástica de mínimo costo (D'Alfonso et al., 1992), de margen de seguridad de mínimo costo (D'Alfonso et al, 1993), la econométrica de máximo peso vivo o de máxima utilidad (González et al., 1992).

Una diferencia fundamental, entre la formulación tradicional de mínimo costo y la formulación econométrica de máxima utilidad, es que en la primera, se utiliza generalmente los requerimientos que recomiendan los principales estándares, mientras que la formulación econométrica de máximo peso vivo o de máxima utilidad calcula los niveles óptimos biológico y económico a utilizar (González y Orozco, 1994).

En la formulación de máxima utilidad, se calcula el nivel óptimo económico con la estimación de la máxima utilidad, en donde los requerimientos nutrimentales son variables y dependen del precio de los ingredientes para la dieta, así como del precio del pollo (González, 1994).

1.4.- Beneficios de la formulación econométrica

La formulación econométrica de máximo peso vivo realmente garantiza el máximo peso vivo del pollo; implica el cálculo del nivel óptimo biológico através de la estimación del máximo peso vivo que potencialmente la linea genética del animal lo permita.

La formulación econométrica de máxima utilidad, puede otorgarnos al menos 1% de utilidades extras por kg de pollo (González et al., 1992), y si se parte como marco de referencia que en el país durante 1998 se produjeron 1,573,910 toneladas de carne de pollo, es claro que las utilidades extras se tornan de un valor importante.

Tanto la formulación econométrica de máximo peso vivo como la formulación econométrica de máxima utilidad, con una validación adecuada, proporcionarán a las industrias avícolas y de alimentos balanceados mejores opciones para sobrevivir económicamente en el mercado.

2.- MARCO CONCEPTUAL

2.1.- Alimentación del pollo de engorda

El costo del alimento puede representar de 60 a 70% del costo total de la producción de carne de pollo (Cuca et al., 1996).

Generalmente al pollo se le debe de dar el alimento que pueda comer desde el día de nacido hasta su sacrificio, ya que entre más coma crecerá más rápido y la conversión será mejor (Quintana, 1991). Las fuentes principales de energía son los carbohidratos y las grasas; el balance entre éstos y la proteína debe estar cuidadosamente establecido. Para las necesidades de proteína, no es la cantidad de ésta lo más importante, sino las necesidades de aminoácidos individuales, principalmente metionina, lisina, treonina y triptofano (North y Bell, 1993). Las dietas avícolas, son mezclas de granos de cereales, pastas de oleaginosas, subproductos vegetales y animales, grasas, aceites, aminoácidos sintéticos, vitaminas, minerales y otros aditivos; junto con el agua, dan la energía y los nutrimentos esenciales para la salud, reproducción, crecimiento y producción (NRC, 1994).

La tasa de crecimiento del pollo actual se ha incrementado, y con un mayor índice metabólico, el requerimiento de minerales y vitaminas se incrementa; su tracto gastrointestinal es menor en relación a su peso y tienen reducida la superficie intestinal para la absorción; ya que por selección genética no es posible solucionar esto (existe baja heredabilidad para esta característica), se espera que nuevos promotores de la digestión y enzimas puedan ayudar a mejorar esta situación (Urrutia, 1997).

2.2.- Minerales

En nutrición y alimentación de las aves, se han tenido avances importantes en cuanto a los minerales, principalmente en lo referente a la optimización de las necesidades para obtener el máximo aprovechamiento para la producción de carne o huevo (Escamilla, 1996).

Los minerales son necesarios para realizar numerosas funciones dentro del organismo, algunas son: como componentes estructurales, compuestos enzimáticos, activadores de enzimas, componentes de hormonas, vitaminas y proteínas entre otras; son indispensables para una buena producción (Scott et al., 1982; Cuca et al., 1996). Los minerales son la parte inorgánica de los alimentos y de los tejidos, que al ser incinerados dan como producto a lo que se conoce como cenizas; básicamente los minerales se dividen en dos categorías, los Macrominerales se requieren en la dieta en mayores cantidades (calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y cloro) y los Microminerales se requieren en menores cantidades (hierro, cobre, zinc, manganeso, cobalto, selenio, iodo, y molibdeno).

Cuantitativamente, el calcio y fósforo son los minerales más importantes para las aves (Sauveur y Pérez, 1985; NRC, 1994); están íntimamente asociados en el metabolismo, particularmente en la formación del hueso; además, la vitamina D₃ está ampliamente relacionada con éstos dos elementos minerales, por lo que hay que tomarla en cuenta al hablar de ellos (Biehl y Baker, 1997).

2.3.- Fósforo

El fósforo es un nutrimento esencial para las aves. Es constituyente básico de huesos y del ATP, participa en el metabolismo energético de los carbohidratos, grasas y aminoácidos, en el metabolismo muscular y nervioso, etcetera.; por lo que una deficiencia producirá raquitismo, disminución del crecimiento e incluso la muerte (Nelson, 1967; Scott et al., 1982; Julian et al., 1985).

Alrededor del 80% del fósforo en el animal se encuentra en el esqueleto, 10% en los músculos, 1% en el sistema nervioso, y el restante se localiza en todas las demás células del organismo en forma de ATP, fosfolípidos, coenzimas, etcetera (Wayne, 1984).

Cuando hay raquitismo, puede haber deformaciones de las costillas al formarse nódulos en su unión con la espina dorsal (Scott, s.f.) y mayor presión sobre pulmones, lo que hace que las aves no puedan respirar correctamente y por lo tanto, esto puede ser una causa de la presentación del síndrome ascítico (Julian et al., 1985).

Las principales fuentes inorgánicas de fósforo para las dietas de las aves son el fosfato mono y dicálcico, fosfato desfluorinado, fosfato de sodio, ácido fosfórico, harina de hueso y roca fosfórica (Cuca et al., 1996); se sabe que éstos tienen buena disponibilidad; sin embargo, existe una gran variación entre ellos, pudiendo ser del 25% para las roca fosfórica y del 100% para el fosfato monocálcico (Albarrán y Cigarroa, 1998). Los fosfatos deben de estar en forma de ortofosfatos para que se puedan absorber y utilizar; la forma orto $-PO_4$ es más disponible que la forma meta $-P_2O_7$ y la piro $-PO_3$; los ortofosfatos son

los que generalmente se emplean en las dietas de las aves, ya que son altamente disponibles, debido a su mejor solubilidad el ortofosfato monocalcico es más disponible que el dicalcico; las rocas fosforicas son menos disponibles debido a que contienen otros minerales que interfieren en la absorción del fósforo (Ávila, 1988).

2.3.1.- Disponibilidad del fósforo de los ingredientes vegetales

La biodisponibilidad de un nutriente es la fracción de lo consumido que es digerido y absorbido por el intestino y hecho disponible para uso metabólico o almacenaje en el tejido animal (Gueguen, 1996).

La forma en que el fósforo está en los alimentos naturales influye en su eficiencia de utilización (NRC, 1998). La principal forma de almacenaje del fósforo en las semillas y tejidos vegetales es como ácido fítico o fitato (Ravindran, 1996; Serna, 1996). El fitato está en diferentes complejos de acuerdo a la semilla; en el maiz el fitato se encuentra principalmente en el germen en forma hidrosoluble, en otros cereales la asociación no está completamente definida pero la mayor cantidad está en la capa de aleurona y en el germen; en las leguminosas se ha mostrado que el fitato está asociado a las proteínas (Harland y Oberleas, 1996).

Además del fósforo, otros minerales como calcio, zinc, hierro y magnesio, presentes en los granos de cereales y oleaginosas, y otros vegetales están unidos a fitato (Figura 1;

Anexo); por lo tanto, el fitato presente en las plantas puede actuar como agente quelatante (Harland y Oberleas, 1996).

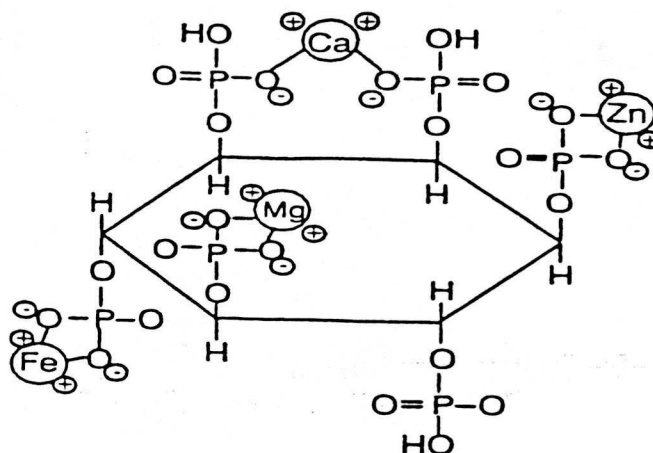


Figura 1.- Estructura del ácido fítico y del quelato (Heinzl, 1996; Kornegay, 1996)

Los fitatos son sales de ácido fítico (mio-inositol hexafosfato), por lo que se le conoce como fósforo fítico o “no disponible”; los términos ácido fítico y fitato se usan indistintamente (Harland y Oberleas, 1996). El fósforo fítico presente en los ingredientes vegetales puede variar dependiendo de la parte de la planta de que se deriva, de la etapa de madurez, variedad o cultivar, suelo o condiciones ambientales de cultivo, grado de procesamiento, etcetera (Ravindran, 1996).

La digestibilidad del fitato para las aves es baja (Cuadro 1), debido a que tienen una capacidad limitada para utilizar el fósforo fítico, ya que carecen de la enzima fitasa; la posible presencia de fitasa producida por los microorganismos del tracto digestivo no ha sido demostrada o es insignificante (Kornegay, 1996).

Heinzl (1996) señala que de 0 a 40% del fósforo total presente en los ingredientes vegetales es fósforo no fítico o “disponible”; el restante no se aprovecha, se excreta y puede ser fuente de contaminación en el caso de que a las excretas no se les dE un buen tratamiento o uso (Motzok et al., 1955; Nelson, 1967; Ravindran et al., 1994).

Cuadro 1.- Porcentaje de fósforo total, fítico y disponible de algunos ingredientes de origen vegetal comúnmente empleados en dietas para aves.

Ingrediente	Fósforo (%)		
	Total	Fítico “No disponible”	No fítico “Disponible”
Maíz	0.28	0.19	0.09
Sorgo	0.27	0.19	0.08
Pasta de soya	0.63	0.38	0.25
Pulido de arroz	0.31	0.17	0.14
Salvado de arroz	1.34	1.03	0.31
Salvado de trigo	1.15	0.57	0.58
Gluten de maíz	0.87	0.47	0.40
Pasta de cacahuete	0.68	0.32	0.36
Papa	0.24	0.05	0.19
Avena	0.36	0.21	0.15

Adaptado de Eeckhout y De Paepe (1994) y Ravindran *et al.* (1994).

Debido a esto, para las aves y otros animales no rumiantes se tienen que formular las dietas basándose en el criterio de fósforo disponible y no únicamente con fósforo total. Con el fin de cubrir las necesidades de fósforo disponible para las aves, se adiciona fósforo inorgánico al alimento, que en general es de buena a alta disponibilidad; sin embargo, el costo de la dieta se incrementa, por ello al fósforo se le considera uno de los nutrimentos más caros (Ávila, 1988; Kornegay, 1996).

2.4.- Enzima fitasa

Una de las formas para mejorar la disponibilidad del fósforo fítico contenido en los ingredientes vegetales y disminuir el uso de fósforo inorgánico es el empleo de niveles adecuados de vitamina D₃ (Mohammed et al., 1991; Edwards, 1993); sin embargo, recientemente ha tomado mayor importancia y atención la utilización de la enzima fitasa (NRC, 1998). El efecto negativo del ácido fítico sobre el comportamiento animal es superado con el uso de la fitasa (Ravindran et al., 1996). La enzima fitasa es producida por algunos hongos y bacterias, una de las cepas más utilizadas es *Aspergillus niger*, y *A. ficcum* (Nelson et al., 1971; Simons et al., 1990; Broz et al., 1994; McKnight, 1996).

La utilización por las aves del fósforo fítico depende de la hidrólisis del fitato en inositol y ortofosfatos (Nelson, 1976). Por lo que la liberación del fósforo fítico no disponible de los ingredientes vegetales, es posible casi exclusivamente mediante la acción de la enzima fitasa, misma que debe de ser adicionada al alimento (Nelson et al., 1971;

McKnight, 1996). La fitasa actúa en el tracto gastrointestinal de las aves y no en el alimento sin ingerir (Nelson et al., 1971); la enzima desdobla el enlace hidrolítico de los ésteres de ácido fosfórico o fitato, liberando los ortofosfatos (Figura 2) que si se pueden absorber (Heinzl, 1996).

Con el uso de la fitasa se tiene mayor digestibilidad, mejor aprovechamiento, reducción de la excreción de fósforo y menor contaminación (Nelson, 1967; Kornegay, 1996; Sebastian et al., 1996; Yi et al., 1996).

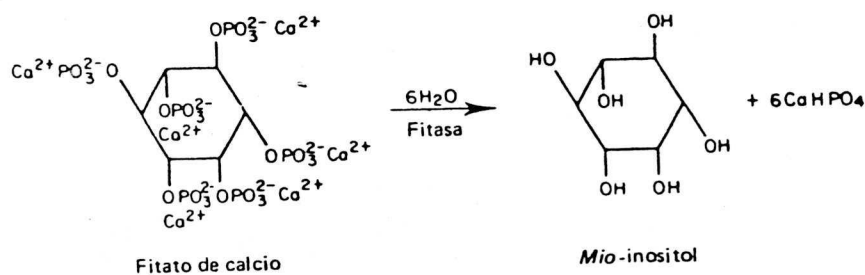


Figura 2.- Modo de acción de la fitasa. (Duffus y Slaughter, 1985).

Con el uso de la fitasa en dietas a base de cereales y pastas de oleaginosas, la disponibilidad del fósforo se incrementa entre 15 y 35% (Schöner et al., 1991; Perney et al., 1993; Denbow et al., 1995; Coon y Leske, 1996;).

Los pollos y otros animales no rumiantes utilizan el fósforo fítico hidrolizado por acción de la fitasa, tan bien como el fósforo inorgánico adicionado al alimento (Nelson et al., 1971).

Debido a que otros minerales forman quelatos con el fitato, con el empleo de la fitasa, además del mejoramiento en la disponibilidad del fósforo, también se mejora la disponibilidad del calcio (Sebastian et al., 1996; Quian et al., 1997), zinc (Sebastian et al., 1996; Yi et al., 1996), hierro (Biehl et al., 1997), cobre (Sebastian et al., 1996), nitrógeno y aminoácidos (Heinzel, 1996; Yi et al., 1996); por lo que se tendrá un mejor comportamiento productivo de las aves.

La respuesta en el comportamiento animal por el uso de la fitasa, depende del nivel de la misma en el alimento (FTU/kg), del nivel de fósforo total y disponible, del nivel intrínseco de fitasa en los ingredientes vegetales y de los métodos de procesamiento y peletizado (Kornegay, 1996). En dietas para pollos, la adición de fitasa puede reducir e incluso omitir la adición de los fosfatos inorgánicos (Broz et al., 1994).

2.5.- Recomendaciones de nutrimentos en las dietas

El uso de modelos matemáticos para predecir el comportamiento biológico y productivo de las aves, permite conocer y establecer de manera más precisa sus necesidades, así como los factores que intervienen y/o las modifican, para permitirles expresar su máximo potencial genético (Torres y Martínez, 1995).

Según González (comunicación personal, 1999), existen cuatro tipos de “recomendaciones” sobre las necesidades de nutrimentos de los animales:

1) Los requerimientos o requisitos sugeridos por estándares NRC (1994), Cuca et al. (1996), y los de las líneas genéticas entre otros, que son de tipo general.

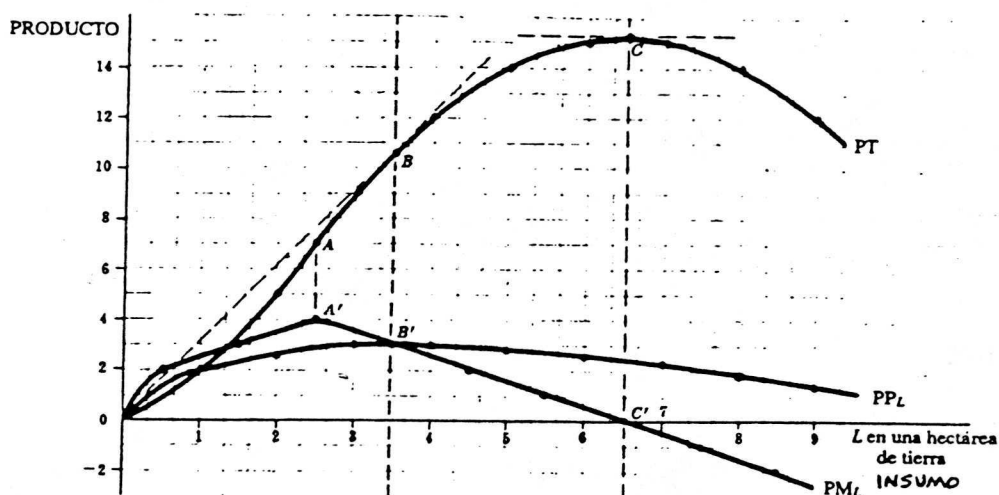
2) Las tendencias numéricas o estadísticas obtenidas por medio de experimentos; estas son de tipo específico para un lugar, condición de explotación, tipo de animal, etc.

3) El nivel óptimo biológico (NOB) de nutrimentos en la dieta, que es el que permite al animal desarrollar su máximo potencial productivo. Las investigaciones en pollos de engorda se han enfocado a maximizar el peso y/o minimizar la conversión alimenticia y la mortalidad.

4) El nivel óptimo económico (NOE) es el que maximiza la utilidad del productor, misma que depende de la diferencia entre los ingresos por ventas del producto y los egresos por costos de producción (González, 1994).

Para calcular el NOE, las investigaciones se han basado en la teoría microeconómica de la producción; esta teoría señala que una función de producción para un producto es una ecuación, tabla o gráfica, que indica la cantidad máxima del producto que puede producirse por unidad de tiempo por cada conjunto de insumos alternos, cuando se utilizan las mejores técnicas de producción disponibles (Salvatore, 1992). En la Figura 3 se ven los rendimientos constantes a escala, que se dan cuando se aumentan todos los insumos en una proporción determinada y la producción obtenida aumenta en

la misma proporción; los rendimientos crecientes a escala, es el caso cuando la producción crece en forma proporcionalmente mayor que los insumos, y los rendimientos decrecientes a escala, cuando la producción crece en menor proporción que los insumos.



donde:

PT= Producto total.

PP= Producto promedio; es el PT dividido entre el número de unidades de insumo utilizado.

PM= Producto marginal; es el cambio en el PT debido al cambio de una unidad en la cantidad utilizada de un insumo.

Figura 3.- Representación de la teoría microeconómica de la producción.

Salvatore (1992).

La ley de los rendimientos decrecientes, dice que a medida que se utilizan más unidades de un insumo por unidad de tiempo, con cantidades fijas de otro insumo, el producto marginal del insumo variable disminuye después de un punto, llegando a cero en donde el producto total es el máximo (Salvatore, 1992); es decir, se tiene un óptimo como máximo peso vivo del pollo, cuando el producto marginal es igual a cero; los optimizadores calculan por medio de derivadas este punto marginal igual a cero para optimizar en el presente caso el nivel de fósforo disponible y fitasa que permiten estimar el máximo peso vivo del pollo.

Para que una empresa logre maximizar sus ganancias totales tiene que lograr su nivel óptimo de producción con la mejor combinación de insumos al menor costo posible (Salvatore, 1992). Por lo tanto; el nivel óptimo económico de una producción o máxima utilidad, puede no corresponder con el nivel óptimo biológico o máxima producción total (Sauveur y Pérez, 1985; González, 1994).

2.5.1.- Recomendaciones de fósforo disponible

Para definir la recomendación de fósforo en la dieta, hay que tener en cuenta el objetivo que se persigue. La máxima velocidad de crecimiento del pollo se obtiene con un aporte de fósforo menor al necesario para lograr una mineralización del hueso adecuada, que a su vez es inferior para obtener una mineralización máxima. El aporte de fósforo que minimiza la conversión alimenticia, es superior al que optimiza el crecimiento; en este caso

el estudio económico determinará en función del precio del fósforo, del alimento y del pollo, hasta que punto debe incrementarse el aporte de fósforo en la dieta (Sauveur y Pérez, 1985). Roland (1996), presentó algunos factores que influyen en el requerimiento de fósforo en gallinas: nivel de Ca, tamaño de partícula de CaCO_3 , densidad, precisión en el análisis de fósforo de los ingredientes, en los valores de disponibilidad, en el consumo individual de alimento, en el promedio de consumo de alimento, uniformidad de la parvada, vitamina D_3 , peso del ave, nivel de cloruro en la dieta, temperatura ambiental, método de formulación y alimentación, variación en la utilización de fósforo fítico, entre otros.

Algunos requerimientos, tendencias numéricas o estadísticas y niveles óptimos biológicos de fósforo disponible se presentan en el Cuadro 2. Hasta el momento no existen datos sobre niveles óptimos económicos de fósforo disponible.

Cuadro 2.- Requerimientos, tendencias numéricas o estadísticas y niveles óptimos biológicos (NOB) de fósforo disponible (Pd) para máximo peso vivo de pollos de engorda.

Autor	Etapas	Pd (%)	Dieta base
Scott et al. (1982)	Crecimiento	0.45 (requerimiento)	*
Sainsbury (1992)	Iniciación	0.50 (requerimiento)	*
North y Bell (1993)	Iniciación	0.40 (requerimiento)	*
NRC (1994)	0-3 semanas	0.45 (requerimiento)	*
Ardón y Barillas (1995)	Iniciación	0.50 (tendencia estadística)	Sorgo - P. Soya
Albarrán y Cigarroa (1998)	Iniciación 1- 21 días	0.457 (NOB)	Sorgo-P. Soya

* No se reporta el tipo de dieta, pero por el origen se supone que son a partir de maíz-pasta de soya.

2.5.2.- Recomendaciones de enzima fitasa.

Es importante conocer las relaciones dosis/efecto existentes para la inclusión de fitasa en el alimento y la conversión del fósforo fítico a disponible. Schöner (1992), mencionó que en dependencia de la dosificación de la fitasa es posible derivar aumentos lineales y curvilíneos de la conversión de fósforo; una dependencia lineal de la dosis se observó hasta una dosis aproximada de 500 FTU/kg., con dosis más elevadas las curvas se vuelven asintóticas (tendencia numérica y estadística); en el trabajo de Simons et al. (1990) después de 500 FTU/kg., la respuesta ya no es significativa y las curvas tienden a aplanarse (tendencia estadística). La recomendación hecha por la empresa BASF (productora de la enzima fitasa Natuphos[®]) para pollos de engorda es de 600 FTU/kg de alimento, misma que corresponde a 0.12 kg de Natuphos[®] 5000 por tonelada de alimento ó 0.012% del total de la dieta (requerimiento); con esto, según BASF (McKnight, 1996; Coelho, 1996) , se logra reducir el contenido de fósforo total de 0.65% a 0.55% (de fósforo disponible de 0.45% a 0.35%), y esta reducción se da con la disminución del uso de fósforo inorgánico, al incrementarse la disponibilidad del fósforo de los granos y pastas de oleaginosas utilizados.

Falta calcular los niveles óptimos biológico y económico de la fitasa. Se sabe que se puede reducir la cantidad de fósforo inorgánico al usar fitasa; sin embargo, no hay estudios precisos en los que se mencione que cantidad de fitasa es la óptima y que cantidad de fósforo será el óptimo para lograr el máximo beneficio biológico y económico.

2.6.- Formulación de dietas de máxima utilidad

La formulación de dietas se puede realizar por diversos métodos como la programación lineal de mínimo costo, la no lineal estocástica de mínimo costo, así como la programación lineal con margen de seguridad de mínimo costo (González y Orozco, 1994). La programación lineal con la que generalmente se formulan las dietas es una técnica eficaz para obtener el mínimo costo por kilogramo de alimento que satisface una serie de requerimientos nutrimentales; sin embargo, no se tiene en cuenta la productividad, no se toma en cuenta la rentabilidad de los nutrimentos fijados, ya que en principio se utilizan aquellos niveles que dan los mejores rendimientos productivos, que no tienen porqué ser los más importantes económicamente (Santomá, 1994).

Se está desarrollando a nivel de investigación, la formulación econométrica de máximo peso vivo o de máxima utilidad; esta formulación considera el nivel óptimo biológico y económico calculados de algún ingrediente o nutrimento (González et al., 1992). En la formulación de máxima utilidad, se calcula el nivel óptimo económico para estimar la máxima utilidad, en donde los requerimientos nutrimentales son variables y dependen del precio de los ingredientes para la dieta, así como del producto final que se obtiene.

El procedimiento básico para formular dietas de máxima utilidad es:

- a) La creación de una base de datos de literatura y experimental.
- b) Estimar los parámetros de los modelos de regresión.

- c) Selección del mejor modelo de regresión.
- d) Construcción de los modelos econométricos: uno para calcular el nivel óptimo biológico que estime el máximo peso vivo y otro para calcular el nivel óptimo económico que estime la máxima utilidad.
- e) Solución de los modelos econométricos.
- f) Análisis paramétrico: para ver el efecto de la variación de precios de los ingredientes y del pollo en pie, en el nivel óptimo económico para el nutrimento (González et al., 1992; González, 1994).

III.- PROBLEMÁTICA

Generalmente se formulan dietas utilizando los requerimientos o requisitos que proporcionan los estándares, y no con niveles óptimos biológicos y económicos como se pretende en este estudio; por lo tanto, es necesario resolver los siguientes problemas:

1) Los resultados de investigaciones previas en cuanto a las tendencias estadísticas o numéricas y al nivel óptimo biológico de fósforo disponible que maximiza el peso vivo en pollos de engorda en iniciación, difieren con respecto a los requerimientos o requisitos que recomiendan los principales estándares.

2) No hay suficiente información acerca del efecto de la fitasa sobre que tanto el nivel óptimo biológico de fósforo disponible en la dieta, pueda cambiar con la adición de fitasa en dietas elaboradas con ingredientes comunmente usados en México.

3) No existe información en la literatura acerca del nivel óptimo económico de fósforo disponible con adición de fitasa. Asimismo, se desconoce si el nivel óptimo biológico de fósforo disponible con adición de fitasa es igual al nivel óptimo económico .

4) Se desconoce el efecto de la variación de precios de los ingredientes y de los precios de la carne de pollo sobre los niveles óptimos económicos.

IV.- HIPÓTESIS

Dado que existen diferencias en las dietas usadas para el cálculo de los requerimientos y de las tendencias estadísticas, entre los diferentes estándares y las dietas prácticas utilizadas en México (ver capítulo 2.5.1, pag. 18); y a los diferentes requerimientos recomendados y tendencias estadísticas obtenidas (capítulo 2.5.1, pag. 18), es que se propone la siguiente hipótesis:

- 1) El nivel óptimo biológico de fósforo disponible con adición de fitasa, es diferente al requerimiento que sugieren los estándares para maximizar el peso de pollos de engorda en iniciación (NRC, 1994; Cuca et al., 1996).

De acuerdo con la Teoría Microeconómica y la evidencia de otros autores (capítulo 2.5, pag. 16), se propone la siguiente hipótesis:

- 2) El nivel óptimo biológico de fósforo disponible con adición de fitasa en dietas para pollo de engorda en iniciación, es diferente al nivel óptimo económico.

V.- OBJETIVOS

- 1)** Evaluar la adición de la enzima fitasa en el comportamiento productivo de pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días).

- 2)** Calcular los niveles óptimos biológico y económico de fósforo disponible y fitasa que estiman respectivamente el máximo peso vivo y la máxima utilidad, mediante la construcción de un sistema de formulación econométrico de máximo peso vivo y de máxima utilidad para pollos de engorda en iniciación de 1 a 21 días de edad.

- 3)** Comparar los optimizadores General Algebraic mathematic System (GAMS) y el Solver de Microsoft-Excel, en cuanto a la precisión para el cálculo de los niveles óptimos biológico y económico dentro de la formulación econométrica de máximo peso vivo y de máxima utilidad.

VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación, para calcular los niveles óptimos biológico y económico de fósforo disponible y de fitasa, dentro del sistema de formulación econométrico de dietas de máximo peso vivo y de máxima utilidad para pollo de engorda en iniciación de 1 a 21 días de edad, se siguió la siguiente metodología global:

6.1.- Creación de una base de datos experimental

Se realizaron dos experimentos, en los cuales se probaron diferentes niveles de fósforo disponible y de enzima fitasa en una dieta a base de sorgo - pasta de soya, para pollos de engorda en la etapa de iniciación de 1 a 21 días de edad.

6.1.1.- Experimento 1

Ubicación física del experimento

El Experimento se realizó de octubre a noviembre de 1997, en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada a una altura de 2250 msnm., con coordenadas 19° 29' de Latitud Norte y 98° 53' de Longitud Oeste, con un clima C(Wo)(W)b(i'')g : templado con lluvias en verano, temperatura media de 15.2 °C y precipitación anual de 636 mm (García, 1988).

Animales y manejo

Se utilizaron 480 pollos mixtos de un día de edad de la línea Arbor Acres, que fueron alojados en criadoras eléctricas en batería controladas por termostato. Cada tratamiento se proporcionó a tres repeticiones de 10 pollos cada una. El agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. El consumo de alimento se midió semanalmente. Los pollos se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada semana; el peso inicial promedio de los pollitos fue de 45 g. Los tres primeros días se aplicó antibiótico enrofloxacin en el agua de bebida y se utilizó un calendario de vacunación acorde a la región de Chapingo, México.

Tratamientos

El experimento constó de cuatro niveles de fósforo disponible (Pd): 0.15, 0.27, 0.39 y 0.51%, y cuatro niveles de 0, 200, 400 y 600 FTU (unidades de fitasa/kg. de alimento, de Natuphos[®] 5000 de BASF), son un total de 16 tratamientos (Anexo 1).

Se formuló una dieta base (Cuadro 3) con 21.5% de proteína cruda y 3000 kcal/kg. de energía metabolizable, y de acuerdo al tratamiento, se varió la inclusión de carbonato de calcio, ortofosfato de calcio, fitasa y arena como material inerte, para obtener el nivel deseado de fósforo disponible y fitasa.

Cuadro 3.- Dietas base para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad, utilizadas en los Experimentos 1 y 2 (% de inclusión).

Ingrediente	Experimento 1	Experimento 2
Sorgo (0.09% P disponible)	55.36	53.75
Pasta de soya (0.242% P disponible)	35.36	37.83
Aceite vegetal	3.97	4.26
DL-Metionina	0.24	0.23
L-lisina	0.16	0.09
Sal común (NaCl)	0.35	0.35
Premezcla mineral *	0.10	0.10
Premezcla vitamínica **	0.25	0.25
Carbonato de calcio	2.49	2.36
Ortofosfato de calcio (16.56% Pd)	0.08	0.06
Fitasa ***	0.00	0.00
Arena (como material inerte)	1.64	0.80
Análisis calculado.		
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3000.00	3000.00
Proteína Cruda (%)	21.5	21.5
Metionina (%)	0.55	0.56
Metionina + cistina (%)	0.89	0.90
Lisina (%)	1.19	1.20
Treonina	0.80	0.82
Calcio (%)	1.00	1.00
Fósforo disponible (%)	0.15	0.15
FTU/kg (unidades de fitasa/kg alimento)	0.00	0.00

* Aporte por kg de premezcla: hierro 110 g, zinc 50 g, manganeso 110 g, cobre 2 g, iodo 0.3g, selenio 0.1 g, cobalto 0.2 g, y excipiente cbp 1000 g.

** Aporte por kg de premezcla: Vit. A 4800 MUI (Miles de unidades internacionales), Vit. D₃ 1000 UI, Vit. E 12000 UI, Vit. K₃ 0.8 g, tiamina 0.9 g., ácido fólico 0.6 g., riboflavina 3 g., piridoxina 1.4 g., Vit. B₁₂ 8 mg., niacina 18 g., ácido pantoténico 5 g., biotina 50 mg., antioxidante 10 g.

*** 600 FTU corresponden a 0.012% de la dieta.

Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron consumo de alimento (**COAL**), peso vivo (**PV**). Se calculó conversión alimenticia (**CA**), utilidad en pesos **U** (\$) y porcentaje de cenizas en tibia a los 21 días de edad (**% CEN**) según la técnica AOAC (1980).

Análisis estadístico

Los datos fueron evaluados por un análisis de varianza y otro de regresión.

En primer lugar los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para detectar diferencias entre medias de tratamientos, con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x4 (16 tratamientos); se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + Pd_i + FTU_j + Pd*FTU_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta.

μ = Media general.

Pd_i = Efecto del i-ésimo nivel de fósforo disponible sobre la variable respuesta.

FTU_j = Efecto del j-ésimo nivel de fitasa sobre la variable respuesta.

$Pd*FTU_{ij}$ = Efecto de la interacción fósforo disponible por fitasa ($Pd*FTU$).

Se realizó comparación de medias con pruebas de Tukey; con el procedimiento ANOVA de SAS (1985).

En segundo lugar, se utilizó un análisis de regresión para calcular el nivel óptimo biológico de fósforo disponible que estime el máximo peso vivo (PV) y para máximo % cenizas (% CEN) a los 21 días; se construyeron modelos de regresión lineal con transformación cuadrática en las variables con el procedimiento GLM de SAS (1985). Los modelos son (ver descripción de los modelos en el Anexo 2):

$$PV = \beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * Pd^2 + \beta_3 * FTU + \beta_4 * Pd * FTU + \text{error}$$

$$\% \text{ CEN} = \beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * Pd^2 + \beta_3 * FTU + \beta_4 * Pd * FTU + \text{error} \quad (\text{Steel y Torrie, 1985})$$

Con los parámetros obtenidos, se calcularon los niveles óptimos biológicos de fósforo disponible y fitasa que maximizan el peso vivo y el % de cenizas por medio del método de la derivada.

6.1.2.- Experimento 2

Ubicación del experimento

El experimento 2 se realizó de junio a julio de 1998, en el mismo lugar y condiciones del experimento 1.

Animales y manejo

Se utilizaron 420 pollos mixtos de un día de edad de la línea genética Arbor Acres; los cuales fueron alojados en criadoras eléctricas en batería controladas por termostato. Cada tratamiento se proporcionó a tres repeticiones con 10 pollos cada una. El agua y

alimento se ofrecieron *ad libitum*. El consumo de alimento se midió semanalmente. Se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada semana; el peso promedio inicial de los pollitos fue de 45g. Los tres primeros días se aplicó antibiótico enrofloxacina en el agua de bebida y se utilizó un calendario de vacunación acorde a esta región.

Tratamientos

De acuerdo a los resultados del experimento 1, en donde la respuesta a la adición de fitasa fue lineal; se planteó este experimento en el cual se probaron dos niveles de fósforo disponible (Pd): 0.15 y 0.39%, y siete niveles de 0, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 FTU (unidades de fitasa/kg de alimento, de Natuphos[®] 5000 de BASF). Son 14 tratamientos en total (ver Anexo 1). Se formuló una dieta base (Cuadro 3) con 21.5% de PC y 3000 kcal/kg. de EM, y de acuerdo al tratamiento, se varió la inclusión de CaCO₃, ortofosfato de calcio, fitasa y arena como material inerte, para obtener el nivel deseado de fósforo disponible y fitasa.

Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron consumo de alimento (COAL), peso vivo (PV), conversión alimenticia (CA), la utilidad U (\$) y porcentaje de cenizas en tibia a los 21 días de edad (% CEN) según la técnica AOAC (1980).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para detectar diferencias entre medias de tratamientos, con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x7 (14 tratamientos); se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + Pd_i + FTU_j + Pd*FTU_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta.

μ = Media general.

Pd_i = Efecto del i-ésimo nivel de fósforo disponible sobre la variable respuesta.

FTU_j = Efecto del j-ésimo nivel de fitasa sobre la variable respuesta.

$Pd*FTU_{ij}$ = Efecto de la interacción fósforo disponible por fitasa ($Pd*FTU$).

Se realizó comparación de medias con pruebas de Tukey; se utilizó el procedimiento ANOVA de SAS (1985).

6.2.- Estimación de parámetros de los modelos de regresión lineal y no lineal

Con la base de datos experimental (Anexo 4), se obtuvieron los estimadores de los parámetros (B_0 a B_n) de los modelos que sirvieron para predecir los valores reales y se utilizaron en los modelos econométricos. Los modelos que se adaptaron para el fósforo disponible y fitasa fueron (ver descripción de los modelos en los Anexos 2 y 3):

- Lineal $Y_i = \beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * FTU + E_i$ (Steel y Torrie, 1985).

- Cuadrático $Y_i = \beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * Pd^2 + \beta_3 * FTU + \beta_4 * FTU^2 + \beta_5 * Pd * FTU + E_i$

(Steel y Torrie, 1985).

- Exponencial $Y_i = \beta_0 + EFIN + (\beta_1 * (EXP (-\beta_2 * Pd - \beta_3 * FTU))) + E_i$

(Noll et al., 1984).

6. 3.- Selección de los modelos de regresión

Por no tener base de datos de literatura y grupos de datos para hacer la selección con la prueba de Friedman, en este caso en particular la selección del mejor modelo se realizó sobre la base del modelo que presentó el menor Cuadrado Medio del Error.

6. 4.- Construcción del modelo econométrico

Se construyeron tres modelos econométricos para calcular el nivel óptimo biológico que estime el máximo peso vivo, el nivel óptimo biológico que estime el máximo % de cenizas y el nivel óptimo económico que estime la máxima utilidad. Se construyeron de la siguiente manera:

MAX F O

Restricciones

$$A x - b \geq 0$$

$$x \geq 0$$

donde:

F O es la función objetivo para estimar máximo peso vivo o máximo % de cenizas (calcular el nivel óptimo biológico) y para estimar la máxima utilidad (calcular el nivel óptimo económico).

A es el contenido de los nutrientes de cualquier ingrediente de la dieta

b son los requerimientos nutrimentales de los pollos.

$x \geq 0$ es la condición de no negatividad.

Para calcular el nivel óptimo económico y estimar la máxima utilidad se hace en base a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Utilidad (\$)} = \text{Ingresos (\$)} - \text{costos (\$)}$$

$$\text{Ingresos (\$)} = \text{Peso del pollo (kg)} \times \text{Precio del pollo (\$/kg)}$$

$$\text{Costos (\$)} = \text{Consumo de alimento (kg)} \times \text{Precio del alimento (\$/kg)}$$

sujetos a:

$$\text{Peso del pollo} = f(\text{nutrimento})$$

$$\text{Consumo de alimento} = f(\text{nutrimento})$$

$$\text{Precio del alimento} = f(\text{costo de los ingredientes}).$$

6. 5.- Solución del modelo econométrico

Los modelos econométricos son no lineales; entonces, se tuvo que emplear para resolverlos un paquete que tenga programación no lineal. Se utilizó el paquete científico

GAMS (General Algebraic Mathematic System) versión estudiantil (Brooke y Meeraus, 1988) y el optimizador Solver de Microsoft-Excel (Microsoft, 1996). Se optimizaron los niveles de fósforo disponible y fitasa en dietas para pollos de engorda en iniciación de 1 a 21 días de edad (Anexo 11).

6. 6.- Análisis de sensibilidad

Consistió básicamente en variar los precios del ortofosfato de calcio, de la fitasa y del kg de la carne de pollo (10, 20, 30 y 40% abajo y arriba del precio normal). Con esto se observó el impacto sobre el costo de la dieta y los NOE. El análisis de sensibilidad se realizó para las soluciones óptimas de GAMS y EXCEL.

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Creación de la base de datos experimental

La base de datos experimental se puede ver en el Anexo 4. Esta base sirvió para hacer los análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, así como para estimar los parámetros de regresión que sirvieron para aplicarlos a los modelos econométricos para calcular los niveles óptimos biológico y económico.

a) Experimento 1

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (Anexo 5) y de la comparación de medias, se muestran en los Cuadros 4, 5, 6, 7 y 8.

Cuadro 4.- Medias del peso vivo (g) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)				Media $\pm$ EE *
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	252	531	635	621	510 c $\pm$ 41
200	340	561	642	624	542 b $\pm$ 32
400	401	562	643	625	558 b $\pm$ 25
600	440	597	644	634	579 a $\pm$ 22
Media $\pm$ EE **	358 c $\pm$ 19	563 b $\pm$ 11	641 a $\pm$ 5	626 a $\pm$ 6	

* Medias con letra distinta dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra distinta dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$). EE = Error estándar.

Al incrementar el nivel de Pd de 0.15% a 0.39%, aumentó significativamente el PV ($p<0.05$) y al utilizar 0.51%, el PV se redujo, aunque no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre el nivel de 0.39 y el 0.51%. Por lo tanto el máximo PV se encuentra entre 0.39 y 0.51% de Pd.

Los resultados para PV concuerdan con los obtenidos por Simons et al. (1990), quienes utilizaron 0.11, 0.26 y 0.41% de Pd y obtuvieron incrementos significativos ($p<0.05$) al pasar de un nivel a otro de 75 y 15% respectivamente. Perney et al. (1993), encontraron que los incrementos en los niveles de Pd de 0.32 a 0.44% mejoran la ganancia de peso linealmente ($p<0.05$). Ardón y Barillas (1995), al aumentar el nivel de Pd de 0.30 a 0.45% obtuvieron incrementos constantes, pero con el nivel de 0.5%, el PV fue menor que con 0.45%. Albarrán y Cigarroa (1998) al incrementar de 0.3 a 0.5% de Pd obtuvieron un aumento lineal en PV, pero al incrementar a 0.55 y 0.6% este disminuyó, lo que sugiere que el nivel óptimo está por debajo de 0.5% de Pd.

En lo que respecta a la fitasa, se detectaron diferencias ($p<0.05$) entre los niveles de FTU/kg, solo los niveles de 200 y 400 no presentaron diferencias ($p>0.05$) entre si (Cuadro 4).

La respuesta en PV coincide con lo que señalan Denbow et al. (1995), quienes para ganancia de peso de 1 a 21 días de edad, encontraron que al pasar de 0 a 600 FTU con 0.35% de Pd, se incrementó la ganancia de peso de 579 a 658 g. Simons et al. (1990)

empleando niveles de 0, 250, 500 y 750 FTU/kg encontraron los siguientes incrementos al pasar de un nivel de FTU a otro: 67, 10, 8 y 2% respectivamente ($p < 0.05$).

Para el COAL (Cuadro 5) hubo un incremento lineal al pasar de 0.15 a 0.51%, pero no hay diferencia ($p > 0.05$) entre los niveles 0.39 y 0.51%. Ardón y Barillas (1995) y Albarrán y Cigarroa (1998), obtuvieron el máximo COAL con 0.45%, valor entre el 0.39 y 0.51% utilizado en este experimento.

Para la fitasa no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) al pasar de 0 a 600 FTU para COAL, probablemente la fitasa no tenga un efecto en el consumo de alimento; contrariamente Kornegay (1996) menciona que la fitasa promueve un mayor consumo de alimento.

Cuadro 5.- Medias del consumo de alimento (g) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)				Media $\pm$ EE *
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	674	808	862	875	805 a ± 22
200	693	825	853	875	811 a ± 19
400	713	851	853	858	810 a ± 17
600	725	862	861	863	825 a ± 16
Media $\pm$ EE **	701 c ± 8	824 b ± 9	857 a ± 5	868 a ± 5	

* Medias con letra distinta dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra distinta dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$). EE = Error estándar.

En el Cuadro 6 se observa que la mejor CA se obtuvo con 0.39%, pero no hubo diferencia ($p>0.05$) con 0.51%; Ardón y Barillas (1995) y Albarrán y Cigarroa (1998), encontraron la mejor CA con 0.5% de Pd. Al incrementar el nivel de FTU se mejora el PV y no se afecta el COAL, por lo tanto se mejora la CA, entonces las necesidades de Pd son diferentes para PV y para CA.

Cuadro 6.- Medias de la conversión alimenticia (CA) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)				Media $\pm$ EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	3.33	1.68	1.46	1.52	1.99 a $\pm$ 0.2
200	2.36	1.59	1.43	1.52	1.73 b $\pm$ 0.1
400	2.01	1.58	1.43	1.48	1.62 bc $\pm$ 0.06
600	1.84	1.55	1.44	1.47	1.57 c $\pm$ 0.04
Media $\pm$ EE**	2.39 a $\pm$ 0.16	1.6 b $\pm$ 0.03	1.44 c $\pm$ 0.01	1.5 bc $\pm$ 0.02	

* Medias con letra distinta dentro de la columna son diferentes ($p<0.05$).

** Medias con letra distinta dentro de la hilera son diferentes ($p<0.05$). EE = Error estándar.

Se puede observar en el Cuadro 7 que para la U (\$) hay diferencia ($p<0.05$) en todos los niveles de Pd, siendo la mejor con 0.39%, y es debido al mejor balance para este nivel entre el PV y el COAL. La mayor U (\$) se obtuvo con 600 FTU y concuerda con la recomendación del fabricante de la fitasa (Heinzl, 1996; McKnight, 1996; Coelho, 1996), que también es de 600 FTU.

Cuadro 7.- Medias de la utilidad (\$) obtenida de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)				Media $\pm$ EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	0.54	2.34	3.30	3.17	2.33 c $\pm$ 0.33
200	1.22	2.69	3.25	3.00	2.54 b $\pm$ 0.24
400	1.66	2.60	3.34	3.07	2.66 b $\pm$ 0.19
600	1.96	2.83	3.22	3.15	2.82 a $\pm$ 0.16
Media $\pm$ EE**	1.34 d $\pm$ 0.17	2.62 c $\pm$ 0.06	3.28 a $\pm$ 0.02	3.12b $\pm$ 0.05	

* Medias con letra distinta dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra distinta dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$). EE = Error estándar.

Cuadro 8.- Medias del porcentaje de cenizas en tibia (%) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)				Media $\pm$ EE*
	0.15	0.27	0.39	0.51	
0	31.1	44.1	52.0	53.0	45.1 c $\pm$ 1.8
200	32.6	47.4	52.6	54.2	46.7 b $\pm$ 1.8
400	33.9	48.1	53.0	53.5	47.1 b $\pm$ 1.7
600	38.3	49.9	53.3	54.1	48.9 a $\pm$ 1.3
Media $\pm$ EE**	34.0 d $\pm$ 0.7	47.4 c $\pm$ 0.5	52.7 b $\pm$ 0.2	53.7 a $\pm$ 0.2	

* Medias con letra distinta dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra distinta dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$). EE = Error estándar.

En el Cuadro 8 se puede ver que el % CEN se incrementó ($p < 0.05$) al aumentar el nivel de Pd, siendo mayor con 0.51% y diferente ($p < 0.05$) con los otros niveles. El nivel 0.51% que dio el máximo % CEN, coincide con el 0.5% encontrado por Ardón y Barillas

(1995). De acuerdo a los resultados el nivel de Pd para PV es menor que para % CEN, criterio que también mencionan Sauver y Pérez (1985).

Por lo que respecta a la adición de fitasa, hasta 600 FTU la respuesta es lineal, aún cuando no hay diferencia significativa ($p>0.05$) entre 200 y 400 FTU; es posible que esta respuesta se deba a que hay una mayor cantidad de fósforo disponible, razonamiento que concuerda con lo que señalan Mitchel y Edwards (1996). Quian et al. (1997) reportan una respuesta lineal para máximo % CEN hasta el intervalo entre 600 y 900 FTU. El mayor % CEN se obtuvo con 600 FTU, valor igual a la recomendación del fabricante de la fitasa (Heinzl, 1996).

Es importante mencionar que el mejoramiento para PV y % CEN es mayor a niveles menores de Pd, tendencia similar a la encontrada por Denbow et al. (1995) quienes señalan que hay mayor eficiencia de la fitasa en dietas con 0.20% de Pd que con dietas con 0.27%; esto se debe a que a más bajos niveles de Pd, la fitasa hace disponible al fósforo fítico dando respuesta más marcada, y a mayores niveles de Pd, se tendrá más fósforo llegando quizás a un nivel donde ya no hay respuesta o ésta disminuye. Kornegay (1996), también encontró que la magnitud de la respuesta a la adición de fitasa es mayor en niveles bajos de Pd, y encontró una interacción entre el nivel de Pd y de fitasa ($p<0.01$).

En el Cuadro 9, se observa que el máximo PV (Anexo 6) se obtuvo con 0.39% de Pd y 600 FTU, pero no hubo diferencia ($p>0.05$) con los niveles de 0.39% de Pd y 0

FTU a 0.51% de Pd y 600 FTU; por lo tanto el NOB para PV puede estar en éste rango de combinaciones. El máximo COAL estuvo en el nivel 0.51% de Pd y 0-200 FTU, sin embargo no hubo diferencia ($p>0.05$) de 0.27% de Pd y 0 FTU a 0.51% de Pd y 600 FTU (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Medias para peso vivo (PV) y consumo de alimento (COAL), como respuesta a niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa (FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.

Pd (%)	FTU/kg	PV (g) $\pm$ EE	COAL (g) $\pm$ EE
0.15	0	252 f $\pm$ 18	674 b $\pm$ 21
0.15	200	340 e $\pm$ 7	693 b $\pm$ 5
0.15	400	401 de $\pm$ 7	713 b $\pm$ 11
0.15	600	440 d $\pm$ 4	725 b $\pm$ 16
0.27	0	531 c $\pm$ 27	808 a $\pm$ 19
0.27	200	561 bc $\pm$ 13	825 a $\pm$ 19
0.27	400	562 bc $\pm$ 19	814 a $\pm$ 23
0.27	600	597 bc $\pm$ 19	851 a $\pm$ 11
0.39	0	635 ab $\pm$ 4	862 a $\pm$ 11
0.39	200	642 a $\pm$ 17	853 a $\pm$ 15
0.39	400	643 a $\pm$ 8	853 a $\pm$ 13
0.39	600	644 a $\pm$ 14	861 a $\pm$ 4
0.51	0	621 ab $\pm$ 10	875 a $\pm$ 12
0.51	200	624 ab $\pm$ 18	875 a $\pm$ 3
0.51	400	625 ab $\pm$ 16	858 a $\pm$ 12
0.51	600	634 ab $\pm$ 9	863 a $\pm$ 9

Medias con letra diferente dentro de la misma columna son diferentes ($p<0.05$).

EE = Error estándar

La menor CA (Cuadro 10) se observa con el nivel 0.39% y 400 FTU, sin haber diferencia ($p>0.05$) desde el nivel 0.27% y 0 FTU hasta 0.51% y 600 FTU.

Cuadro 10.- Medias de la conversión alimenticia (CA), la utilidad (U \$) y el porcentaje de cenizas en tibia (% CEN), como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.

Pd (%)	FTU/kg	CA $\pm$ EE	U (\$) $\pm$ EE	% CEN $\pm$ EE
0.15	0	3.33 a $\pm$ 0.25	0.54 i $\pm$ 0.12	31.1 h $\pm$ 0.44
0.15	200	2.36 b $\pm$ 0.05	1.22 h $\pm$ 0.07	32.6 gh $\pm$ 0.79
0.15	400	2.01 bc $\pm$ 0.05	1.66 g $\pm$ 0.09	33.9 g $\pm$ 0.86
0.15	600	1.84 cd $\pm$ 0.04	1.96 fg $\pm$ 0.07	38.3 f $\pm$ 0.72
0.27	0	1.68 cde $\pm$ 0.07	2.34 ef $\pm$ 0.08	44.1 e $\pm$ 0.27
0.27	200	1.59 de $\pm$ 0.03	2.69 cde $\pm$ 0.09	47.4 d $\pm$ 0.42
0.27	400	1.58 de $\pm$ 0.07	2.60 de $\pm$ 0.04	48.1 cd $\pm$ 0.36
0.27	600	1.55 de $\pm$ 0.05	2.83 bcd $\pm$ 0.09	49.9 bc $\pm$ 0.33
0.39	0	1.46 e $\pm$ 0.02	3.30 a $\pm$ 0.03	52.0 a $\pm$ 0.21
0.39	200	1.43 e $\pm$ 0.02	3.25 a $\pm$ 0.03	52.6 a $\pm$ 0.25
0.39	400	1.42 e $\pm$ 0.003	3.34 a $\pm$ 0.05	53.0 a $\pm$ 0.20
0.39	600	1.44 e $\pm$ 0.03	3.22 ab $\pm$ 0.002	53.3 a $\pm$ 0.26
0.51	0	1.52 de $\pm$ 0.03	3.17 ab $\pm$ 0.08	53.0 a $\pm$ 0.34
0.51	200	1.52 de $\pm$ 0.04	3.00 abcd $\pm$ 0.11	54.2 a $\pm$ 0.26
0.51	400	1.48 de $\pm$ 0.03	3.07 abc $\pm$ 0.06	53.5 a $\pm$ 0.32
0.51	600	1.47 de $\pm$ 0.02	3.15 ab $\pm$ 0.09	54.1 a $\pm$ 0.28

Medias con letra diferente dentro de la misma columna son diferentes ($p<0.05$).

EE = Error estándar.

La máxima U (\$) se obtuvo con el nivel 0.39% y 400 FTU, sin embargo no hay diferencia con el nivel de 0.39% y 0 FTU hasta 0.51% y 600 FTU, por lo que el nivel óptimo económico puede estar dentro de ese rango.

El máximo % CEN está en el nivel 0.51% y 200 FTU, sin haber diferencia ($p>0.05$) con los niveles de 0.39% y 0 FTU hasta 0.51% y 600 FTU. El máximo PV se obtiene con una combinación menor de niveles de Pd y FTU (0.39% y 600); esto concuerda con Sauveur y Pérez (1985), quienes señalan que se necesita un nivel mayor de Pd para lograr el máximo % CEN a diferencia del máximo PV.

b) Experimento 2

En el Cuadro 11 se observa que para el nivel de Pd, la respuesta en el PV tiene mejores resultados ($p<0.05$) con el nivel 0.39% que con el 0.15%, y esto es lógico ya que es un nivel cercano al recomendado (0.45%) por el NRC (1994) y el nivel 0.15% es muy bajo, mostrando menor respuesta en la variable. El máximo PV se obtiene con 800 FTU; sin embargo no hay diferencia ($p>0.05$) con los niveles de 600, 1000 y 1200 FTU; por lo tanto, niveles mayores de 600 FTU ya no producen mayor respuesta en PV, esto concuerda con Schoner (1992) y Simons et al. (1990).

En el Cuadro 12 se observa que para el nivel de Pd, la respuesta en el COAL, es mayor ($p<0.05$) con el nivel 0.39%, y es lo que se esperaba ya que es un nivel mayor al

nivel 0.15% que es muy bajo, ofreciendo menor respuesta en la variable. El máximo COAL se obtiene con 800 FTU; sin embargo, no hay diferencia estadística ($p>0.05$) con los demás niveles, a excepción del nivel de 0 FTU que es el que presenta el menor COAL.

Cuadro 11.- Medias del peso vivo (PV) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)		Media $\pm$ EE *
	0.15	0.39	
0	202	609	405 d $\pm$ 91
200	388	610	499 c $\pm$ 50
400	399	657	528 b $\pm$ 58
600	412	657	534 ab $\pm$ 55
800	413	662	538 a $\pm$ 56
1000	413	651	532 ab $\pm$ 53
1200	414	648	531 ab $\pm$ 52
Media $\pm$ EE **	377 b $\pm$ 16	642 a $\pm$ 5	

* Medias con letra diferente dentro de la columna son diferentes ($p<0.05$).

** Medias con letra diferente dentro de la hilera son diferentes ($p<0.05$).

EE = Error estándar.

Cuadro 12.- Medias del consumo de alimento (COAL) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)		Media $\pm$ EE *
	0.15	0.39	
0	376	950	663 b $\pm$ 128
200	589	920	754 a $\pm$ 74
400	578	946	761 a $\pm$ 82
600	583	944	763 a $\pm$ 81
800	612	948	780 a $\pm$ 76
1000	613	943	778 a $\pm$ 74
1200	614	895	755 a $\pm$ 63
Media $\pm$ EE **	566 b $\pm$ 18	935 a $\pm$ 5	

* Medias con letra diferente dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra diferente dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$).

EE = Error estándar.

Cuadro 13.- Medias de la conversión alimenticia (CA) en pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)		Media $\pm$ EE *
	0.15	0.39	
0	2.41	1.69	2.05 a $\pm$ 1.06
200	1.72	1.63	1.68 b $\pm$ 0.02
400	1.63	1.55	1.59 c $\pm$ 0.02
600	1.60	1.55	1.57 c $\pm$ 0.03
800	1.67	1.53	1.60 c $\pm$ 0.04
1000	1.67	1.56	1.61 bc $\pm$ 0.03
1200	1.67	1.49	1.58 c $\pm$ 0.04
Media $\pm$ EE **	1.77 a $\pm$ 0.06	1.57 b $\pm$ 0.01	

* Medias con letra diferente dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra diferente dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$).

EE = Error estándar.

Por lo que respecta a la CA, se puede ver en el Cuadro 13 que para el nivel de Pd, se tuvieron mejores resultados ($p<0.05$) con el nivel 0.39% y esto se debe a que con 0.15% no se llenan las necesidades de Pd y no se tiene una mejor relación entre la ganancia de peso y el COAL. El nivel promedio de FTU presentó diferencia ($p<0.05$) de 0 hasta 400 FTU y de este nivel al de 1200 FTU ya no hubo diferencia ($p>0.05$).

En el Cuadro 14 se observa que para el nivel de Pd, la respuesta en la U (\$) tiene mejor resultado ($p<0.05$) con el nivel 0.39% y se debe a que con el nivel de 0.15% se producen menores PV y por lo tanto su CA es mayor, lo que causa que se tenga una menor U (\$).

Cuadro 14.- Medias de la utilidad (U \$) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)		Media $\pm$ EE *
	0.15	0.39	
0	0.77	2.70	1.73 c $\pm$ 0.43
200	1.78	2.77	2.28 b $\pm$ 0.22
400	1.89	3.09	2.49 a $\pm$ 0.27
600	1.98	3.09	2.54 a $\pm$ 0.25
800	1.92	3.13	2.52 a $\pm$ 0.27
1000	1.92	3.05	2.48 a $\pm$ 0.25
1200	1.93	3.11	2.53 a $\pm$ 0.27
Media $\pm$ EE **	1.74 b $\pm$ 0.09	2.99 a $\pm$ 0.04	

* Medias con letra diferente dentro de la columna son diferentes ($p<0.05$).

** Medias con letra diferente dentro de la hilera son diferentes ($p<0.05$).

EE = Error estándar.

En cuanto al nivel de fitasa, para la U (\$) se presentó diferencia ($p < 0.05$) de 0 hasta 400 FTU, pero a partir de este nivel y hasta el de 1200 FTU ya no hubo diferencia ($p > 0.05$); y se debió probablemente a que para la CA tampoco hubo diferencia desde ese nivel.

Cuadro 15.- Medias del porcentaje de cenizas en tibia (% CEN) de pollos a los 21 días de edad, como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg).

FTU/kg	Pd (%)		Media $\pm$ EE *
	0.15	0.39	
0	28.6	51.2	39.9 d $\pm$ 3.4
200	31.5	51.5	41.5 bc $\pm$ 3.0
400	34.7	52.2	43.5 a $\pm$ 2.6
600	35.2	52.9	44.1 a $\pm$ 2.7
800	32.2	51.8	42.0 b $\pm$ 3.0
1000	31.3	50.2	40.7 cd $\pm$ 2.9
1200	30.8	49.3	40.1 d $\pm$ 2.8
Media $\pm$ EE **	31.0 b $\pm$ 0.4	51.3 a $\pm$ 0.2	

* Medias con letra diferente dentro de la columna son diferentes ($p < 0.05$).

** Medias con letra diferente dentro de la hilera son diferentes ($p < 0.05$).

EE = Error estándar.

Para el nivel de Pd, la respuesta en % CEN (Cuadro 15), es mayor ($p < 0.05$) con el nivel 0.39% y es lo que se esperaba ya que es un nivel cercano al 0.45% que sugiere el NRC (1994) y el nivel 0.15% es muy bajo, lo que hace que halla menor deposición de

cenizas en tibia. El resultado concuerda con lo que obtuvieron Albarrán y Cigarroa (1998).

El máximo PV (Cuadro 16; Anexo 8) se obtiene con la combinación de 0.39% de Pd y 800 FTU, pero no hay diferencia ($p>0.05$) con los niveles 0.39% y 400 a 600 FTU; por lo tanto, es posible que el NOB para PV esté en el rango de 0.39% y 400 a 600 FTU.

Cuadro 16.- Medias para el peso vivo (PV) y el consumo de alimento (COAL), como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa (FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.

Pd (%)	FTU/kg	PV (g) $\pm$ EE	COAL (g) $\pm$ EE
0.15	0	202 g $\pm$ 2	376 c $\pm$ 5
0.15	200	388 f $\pm$ 1	589 b $\pm$ 3
0.15	400	399 e $\pm$ 4	578 b $\pm$ 11
0.15	600	412 d $\pm$ 2	583 b $\pm$ 15
0.15	800	413 d $\pm$ 1	612 b $\pm$ 13
0.15	1000	413 d $\pm$ 1	613 b $\pm$ 12
0.15	1200	414 d $\pm$ 1	614 b $\pm$ 5
0.39	0	609 c $\pm$ 2	950 a $\pm$ 15
0.39	200	610 c $\pm$ 2	920 a $\pm$ 9
0.39	400	657 ab $\pm$ 4	946 a $\pm$ 3
0.39	600	657 ab $\pm$ 2	944 a $\pm$ 9
0.39	800	662 a $\pm$ 2	948 a $\pm$ 17
0.39	1000	651 b $\pm$ 1	943 a $\pm$ 6
0.39	1200	648 b $\pm$ 1	895 a $\pm$ 12

Medias con letra diferente dentro de la misma columna son diferentes ($p<0.05$).
EE = Error estándar

En el cuadro 17, se observa que la máxima U (\$) está en el nivel de 0.39% y 800 FTU, pero no hay diferencia ($p>0.05$) con los niveles de 0.39% y 400-1200 FTU, por lo que el NOE puede estar en este rango.

Cuadro 17.- Medias para la conversión alimenticia (CA), la utilidad (U \$) y el porcentaje de cenizas en tibia (% CEN), como respuesta a diferentes niveles de fósforo disponible (Pd) y de fitasa (FTU/kg), en pollos a los 21 días de edad.

Pd (%)	FTU/kg	CA $\pm$ EE	U (\$) $\pm$ EE	% CEN $\pm$ EE
0.15	0	2.41 a $\pm$ 0.05	0.77 e $\pm$ 0.02	28.58 h $\pm$ 0.4
0.15	200	1.72 b $\pm$ 0.01	1.78 d $\pm$ 0.01	31.53 fg $\pm$ 0.3
0.15	400	1.63 bcd $\pm$ 0.01	1.89 cd $\pm$ 0.01	34.70 e $\pm$ 0.3
0.15	600	1.60 bcde $\pm$ 0.05	1.98 c $\pm$ 0.05	35.22 e $\pm$ 0.4
0.15	800	1.67 bcd $\pm$ 0.04	1.92 c $\pm$ 0.04	32.16 f $\pm$ 0.4
0.15	1000	1.67 bcd $\pm$ 0.03	1.92 c $\pm$ 0.02	31.30 fg $\pm$ 0.4
0.15	1200	1.67 bcd $\pm$ 0.01	1.93 c $\pm$ 0.01	30.78 g $\pm$ 0.2
0.39	0	1.69 bc $\pm$ 0.02	2.70 b $\pm$ 0.02	51.22 bc $\pm$ 0.3
0.39	200	1.63 bcd $\pm$ 0.02	2.77 b $\pm$ 0.03	51.48 bc $\pm$ 0.2
0.39	400	1.55 de $\pm$ 0.003	3.09 a $\pm$ 0.01	52.20 ab $\pm$ 0.1
0.39	600	1.55 de $\pm$ 0.02	3.09 a $\pm$ 0.03	52.94 a $\pm$ 0.2
0.39	800	1.53 de $\pm$ 0.03	3.13 a $\pm$ 0.04	51.80 ab $\pm$ 0.2
0.39	1000	1.56 cde $\pm$ 0.01	3.05 a $\pm$ 0.02	50.18 cd $\pm$ 0.2
0.39	1200	1.49 e $\pm$ 0.01	3.11 a $\pm$ 0.004	49.34 d $\pm$ 0.2

Medias con letra diferente dentro de la misma columna son diferentes ($p<0.05$).

EE=error estándar.

Para % CEN, el máximo se logra con 0.39% de Pd y 600 FTU sin diferencia ($p>0.05$) con 0.39% y 400-800 FTU, por lo que el NOB puede estar en ese rango.

Cálculo de los niveles óptimos biológico y económico

a) Experimento 1

En lo que respecta a la selección del modelo de regresión, el que presentó el menor cuadrado medio del error y que por lo tanto ajusta mejor los datos para predecir las variables fue el siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * Pd^2 + \beta_3 * FTU + \beta_4 * FTU^2 + \beta_5 * Pd * FTU + E_i,$$

De ese modelo se obtuvieron los estimadores para COAL, PV y % CEN (Cuadro 18). A partir de los estimadores obtenidos del modelo, se calculó por medio de derivada el NOB de Pd para PV y % CEN con los datos del experimento 1 (Cuadro 19).

El NOB para PV de 0.471% de Pd sin la adición de fitasa (Anexo 5), es superior al requerimiento de 0.45% que sugiere el NRC (1994) y al NOB 0.457% que obtuvieron Albarrán y Cigarroa (1998); sin embargo, es inferior al 0.5% que informan Simco y Stephenson (1960), Sainsbury (1992) y Ardón y Barillas (1995). Esta variación es posible que se deba a las diferentes condiciones de explotación, así como a niveles de producción y a otros factores que influyen en la respuesta. Sauveur y Pérez (1985) señalan que una de las dificultades más importantes al tratar de recomendar un nivel de Pd es el hecho de la variación de la disponibilidad de los ingredientes utilizados.

Cuadro 18.- Parámetros de regresión estimados para consumo de alimento (COAL), peso vivo (PV) y porcentaje de cenizas en tibia (% CEN).

Parámetro	COAL		PV		% CEN	
	Estimador	± EE	Estimador	± EE	Estimador	± EE
Intercepto	443.644583	**±28.7	-146.018333	**±26.67	4.7570784	** ±0.99
Pd	1791.222222	** ±176.6	3322.277778	** ±164.12	205.2409201	** ±6.13
Pd*Pd	-1886.574074	**±258.2	-3518.518519	** ±239.94	-215.5020255	** ±8.97
FTU	0.147483	**±0.04	0.399158	** ±0.04	0.0162198	** ±0.001
Pd* FTU	-0.316111	* ±0.12	-0.863611	** ±0.12	-0.0310354	** ±0.004
R ²	0.89		0.96		0.97	
* Significativo (p<0.05) ** Altamente significativo (p< 0.01) NS No significativo.						
EE=Error estándar.						

Cuadro 19.- Nivel óptimo biológico (NOB) de fósforo disponible (Pd) con adición de fitasa (FTU/kg), para peso vivo (PV) y porcentaje de cenizas en tibia (% CEN) en pollos de engorda a los 21 días de edad (calculados por el método de la derivada).

FTU/kg	NOB de Pd (%)	
	PV	% CEN
0	0.471	0.476
200	0.446	0.462
400	0.421	0.447
600	0.396	0.433

El requerimiento recomendado de uso de fitasa es de 600 FTU/kg. (Coon y Korin, 1996; Heinzl, 1996). El cálculo del NOB con 600 FTU es de 0.396%, con lo cual se reduce 0.075% de Pd, que es equivalente a reducir 0.75 g de fósforo inorgánico/kg de alimento. Cada recomendación difiere, el promedio que se tiene en literatura es la reducción de 0.1% de Pd con el uso de 600 FTU; Mitchel y Edwards (1996) reducen en 0.1% de Pd con el criterio del PV al usar 600 FTU, Schöner et al. (1991) obtuvieron que 700 FTU equivalen a 1 g de fósforo; pero Denbow et al. (1995) necesitaron 821 FTU para lograr la misma reducción; Kornegay (1996) señala que 1 g de fósforo equivale a un rango de 467-939 FTU, y que los valores de equivalencia de fósforo y fitasa reportados en la literatura son muy variables y es debido a muchos factores e incluso algunos desconocidos; por lo tanto, el valor de 0.75 g con 600 FTU está dentro del rango informado.

El NOB (cuadro 20) para % CEN es superior al de PV; con el uso de fitasa se tiene mayor reducción de Pd para PV que para % CEN al pasar de 0 a 600 FTU. Los resultados son similares a los obtenidos por Mitchel y Edwards (1996), quienes señalan menor respuesta con el criterio de % CEN a diferencia de PV al usar 600 FTU; esto también coincide con Sauver y Pérez (1985), quienes señalan que para máximo PV es necesaria una cantidad menor de Pd en comparación con el mayor aporte para lograr una mineralización adecuada y aún mayor para maximizar el % CEN en el hueso. Además de que el peso corporal es un criterio más sensible para evaluar la disponibilidad de fósforo

que el criterio del % de cenizas en tibia (Ravindran et al., 1995) en donde las aves tienen que sacrificarse por lo que es un proceso muy laborioso; la retención aparente de fósforo es un criterio sensitivo para evaluar su disponibilidad o la efectividad de la fitasa, pero en comparación con el criterio de % de cenizas requiere más precisión y el costo es mayor (Kornegay y Yi, 1996).

Para las soluciones de GAMS y EXCEL (Cuadros 20, 21 y 22), se tiene que las soluciones de los dos son parecidas, variando en decimales. El que se ve más preciso es EXCEL, ya que ofrece más decimales. Por esto y por ser mucho más fácil de usar es el que se considera mejor. Los resultados concuerdan con los de Constantino y Gil (1996), quienes al comparar tres optimizadores (GAMS, EXCEL y LOTUS), observaron que la solución de EXCEL es más precisa que la de GAMS ya que proporciona más decimales y el error por redondeo se reduce; el optimizador de LOTUS no fue capaz de resolver la formulación econométrica de máxima utilidad.

Cuadro 20.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Solver de Microsoft-Excel (EXCEL) para peso vivo (PV).

	GAMS	EXCEL
Máximo PV	652.1700 g	652.1661 g
NOB de Pd (%)	0.3980	0.3985
NOB de fitasa (FTU/kg)	600.0000	600.0000
Precio de la dieta (\$/kg)	2.4820	2.4817
Asignación óptima de ingredientes en la dieta (%)		
Sorgo	55.3600	55.3600
Pasta de soya	35.4000	35.4000
Aceite vegetal	3.9700	3.9700
DL-Metionina	0.2400	0.2400
HCl- Lisina	0.1600	0.1600
Sal	0.3500	0.3500
Premezcla vitamínica	0.2500	0.2500
Premezcla mineral	0.1000	0.1000
Carbonato de calcio	1.6000	1.5900
Ortofosfato de calcio	1.6000	1.5900
Fitasa	0.0120	0.0120
Arena	1.0000	0.9800

Cuadro 21.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Solver de Microsoft-Excel (EXCEL) para el porcentaje de cenizas en tibia (% CEN).

	GAMS	EXCEL
Máximo % CEN	54.8900 %	54.8910 %
NOB de Pd (%)	0.4330	0.4330
NOB de fitasa (FTU/kg)	600.0000	600.0000
Precio de la dieta (\$/kg)	2.4900	2.4871
Asignación óptima de ingredientes en la dieta (%)		
Sorgo	55.3600	55.3600
Pasta de soya	35.4000	35.4000
Aceite vegetal	3.9700	3.9700
DL-Metionina	0.2400	0.2400
HCl- Lisina	0.1600	0.1600
Sal	0.3500	0.3500
Premezcla vitamínica	0.2500	0.2500
Premezcla mineral	0.1000	0.1000
Carbonato de calcio	1.5000	1.4800
Ortofosfato de calcio	1.8000	1.8000
Fitasa	0.0120	0.0120
Arena	0.8800	0.9000

Cuadro 22.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan la utilidad.

	GAMS	EXCEL
Máxima utilidad (\$)	3.330000	3.383914
Consumo de alimento estimado (g)	869.900000	869.917300
Peso vivo estimado (g)	651.960000	651.967600
NOE de Pd (%)	0.391000	0.391000
NOE de fitasa (FTU/kg.)	600.000000	600.000000
Precio de la dieta (\$/kg)	2.510000	2.480500

Asignación óptima de ingredientes en la dieta (%)

Sorgo	55.360000	55.360000
Pasta de soya	35.400000	35.400000
Aceite vegetal	3.970000	3.970000
DL-Metionina	0.240000	0.240000
HCl- Lisina	0.160000	0.160000
Sal	0.350000	0.350000
Premezcla vitamínica	0.250000	0.250000
Premezcla mineral	0.100000	0.100000
Carbonato de calcio	1.600000	1.610000
Ortofosfato de calcio	1.500000	1.540000
Fitasa	0.012000	0.012000
Arena	1.078000	1.010000

El NOB de Pd y fitasa para PV (0.398% y 600 FTU) no coincidió con el NOE (0.391% y 600 FTU). Este resultado coincide con lo que reporta González (1994) y Sauver y Pérez (1985), también concuerda con lo obtenido por Barrera (1998), en donde el NOB de un nutrimento es diferente al NOE.

El análisis de sensibilidad realizado (Cuadros 23, 24, 25 y 26) muestra que el NOE de Pd y FTU es sensible a la variación del precio del pollo, del ortofosfato y del ortofosfato y de la fitasa juntos, pero no hay variación para el precio de la fitasa sola sin variar ortofosfato y precio del pollo.

Cuadro 23.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del pollo (\$/kg).

Variación	S kg/pollo	NOE					
		GAMS		EXCEL		U (\$) / pollo	
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa	GAMS	EXCEL
+ 40%	11.90	0.393	600	0.3929	600	5.55	5.60
+ 30%	11.05	0.393	600	0.3929	600	4.99	5.05
+ 20%	10.20	0.392	600	0.3918	600	4.44	4.49
+10%	9.35	0.392	600	0.3918	600	3.88	3.94
0	8.50	0.391	600	0.3910	600	3.33	3.38
- 10%	7.65	0.390	600	0.3900	600	2.77	2.83
- 20%	6.80	0.388	600	0.3886	600	2.22	2.28
- 30%	5.95	0.387	600	0.3868	600	1.67	1.72
- 40%	5.10	0.384	600	0.3842	600	1.11	1.17

Por lo tanto, el NOE depende de la variación que pueda existir en el precio del pollo, del ortofosfato e incluso de la fitasa, ya que ésta última aún y cuando al variarla de manera sola no hay variación en el NOE, al hacerlo junto con el ortofosfato si hay variación en el NOE. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kornegay (1996), quien menciona que los beneficios económicos del uso de fitasa dependen del costo del fósforo, de la fitasa y de la respuesta animal obtenida.

Cuadro 24.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/kg).

Variación	S ortofosfato	NOE				U (\$) / pollo	
		GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	4.2	0.390	600	0.391	600	3.31	3.37
+ 30%	3.9	0.390	600	0.391	600	3.32	3.37
+ 20%	3.6	0.390	600	0.391	600	3.32	3.38
+10%	3.3	0.390	600	0.391	600	3.32	3.38
0	3.0	0.391	600	0.391	600	3.33	3.38
- 10%	2.7	0.391	600	0.391	600	3.33	3.39
- 20%	2.4	0.391	600	0.391	600	3.34	3.39
- 30%	2.1	0.392	600	0.391	600	3.34	3.40
- 40%	1.8	0.392	600	0.391	600	3.34	3.40

Cuadro 25.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio de la fitasa (\$/kg).

Variación	\$ fitasa	NOE				U (\$) / pollo	
		GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	364	0.391	600	0.391	600	3.32	3.37
+ 30%	338	0.391	600	0.391	600	3.32	3.38
+ 20%	312	0.391	600	0.391	600	3.32	3.38
+10%	286	0.391	600	0.391	600	3.33	3.38
0	260	0.391	600	0.391	600	3.33	3.38
- 10%	234	0.391	600	0.391	600	3.33	3.39
- 20%	208	0.391	600	0.391	600	3.33	3.39
- 30%	182	0.391	600	0.391	600	3.34	3.39
- 40%	156	0.391	600	0.391	600	3.34	3.39

El NOE es más sensible al cambio del precio del pollo, que al cambio en el precio del ortofosfato y de la fitasa (variación individual o conjunta). La U (\$) es mucho más sensible al cambio del precio del pollo, a diferencia del cambio en el precio del ortofosfato y fitasa, y es debido al impacto directo del precio del pollo sobre las utilidades y el precio del ortofosfato y fitasa afectan más al precio de la dieta. En éste experimento la variación en el precio del ortofosfato afecta más al NOE, a diferencia de la variación en el precio de la fitasa; esto es importante ya que además de la variación en precio, el ortofosfato puede tener variación en su contenido de fósforo, afectando la formulación y los resultados en PV y %CEN, por lo que la sustitución de ortofosfato por fitasa es provechosa y sin tener efectos negativos en PV y %CEN.

Cuadro 26.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/kg) y de la fitasa (\$/kg).

Variación	\$ ortof.	\$ fitasa	NOE				U (\$) / pollo	
			GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
			Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	4.2	364	0.389	600	0.391	600	3.30	3.36
+ 30%	3.9	338	0.390	600	0.391	600	3.31	3.36
+ 20%	3.6	312	0.390	600	0.391	600	3.31	3.37
+10%	3.3	286	0.390	600	0.391	600	3.32	3.38
0	3.0	260	0.391	600	0.391	600	3.33	3.38
- 10%	2.7	234	0.391	600	0.391	600	3.34	3.39
- 20%	2.4	208	0.391	600	0.391	600	3.34	3.40
- 30%	2.1	182	0.392	600	0.391	600	3.35	3.40
- 40%	1.8	156	0.392	600	0.391	600	3.36	3.41

El NOE para fitasa no cambia, y es debido a que en éste experimento su respuesta fue lineal al incrementar su nivel y el máximo nivel es 600 FTU que corresponde al NOE que se encontró.

b) Análisis global (experimento 1 + experimento 2)

Los datos obtenidos de los dos experimentos (base de datos experimental: anexo 4) se sometieron conjuntamente a un análisis global con el modelo cuadrático (Steel y Torrie, 1985). El resultado indicó que el número de experimento no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) sobre las variables COAL y PV, pero si hubo efecto ($P < 0.05$) sobre el % CEN, por lo tanto es posible utilizar los estimadores de los demás parámetros (Cuadro 27) para estimar el NOB para PV y el NOE con el rango de valores de Pd y FTU del Experimento 1.

Cuadro 27.- Parámetros de regresión estimados, para consumo de alimento (COAL) y peso vivo (PV) del análisis global.

Parámetro	COAL		PV	
	Estimador	± E.E.	Estimador	± E.E.
Intercepto	167.461396 **	±43.7	-153.104480**	±24.4
Pd	3487.823125 **	±320.2	3400.989458 **	±158.9
Pd*Pd	-4202.929744 **	±515.8	-3765.025923 **	±240.2
FTU	0.037065 **	±0.02	0.388202 **	±0.03
FTU*FTU			-0.000151 **	±0.0002
Pd* FTU			-0.498174 **	±0.07
R ²	0.816		0.956	

* Significativo ($P < 0.05$) ** Altamente significativo ($P < 0.01$). NS No significativo.
E.E. = Error estándar.

Cuadro 28.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Solver de Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan el peso vivo (PV); análisis global.

	GAMS	EXCEL
Máximo PV	664.43000 g	664.43106 g
NOB de Pd (%)	0.41200	0.41150
NOB de fitasa (FTU/kg.)	606.59300	606.59340
Precio de la dieta (\$/kg)	2.48400	2.48420
Asignación óptima de ingredientes (%)		
Sorgo	55.36000	55.36000
Pasta de soya	35.40000	35.40000
Aceite vegetal	3.97000	3.97000
DL-Metionina	0.24000	0.24000
HCl- Lisina	0.16000	0.16000
Sal	0.35000	0.35000
Premezcla vitamínica	0.25000	0.25000
Premezcla mineral	0.10000	0.10000
Carbonato de calcio	1.50000	1.54600
Ortofosfato de calcio	1.70000	1.66700
Fitasa	0.01213187	0.01213
Arena	0.960	0.944

Cuadro 29.- Soluciones óptimas de General Algebraic Mathematic System (GAMS) y Solver de Microsoft-Excel (EXCEL) que maximizan las utilidades; análisis global.

	GAMS	EXCEL
Máxima utilidad (\$)	3.3900	3.3823
Consumo de alimento estimado (g)	911.4000	911.4605
Peso vivo estimado (g)	665.5100	663.9848
NOE de Pd (%)	0.4140	0.4121
NOE de fitasa (FTU/kg.)	548.8160	551.3417
Precio de la dieta (\$/kg)	2.4810	2.4813
Asignación óptima de ingredientes en la dieta (%)		
Sorgo	55.3600	55.3600
Pasta de soya	35.4000	35.4000
Aceite vegetal	3.9700	3.9700
DL-Metionina	0.2400	0.2400
HCl- Lisina	0.1600	0.1600
Sal	0.3500	0.3500
Premezcla vitamínica	0.2500	0.2500
Premezcla mineral	0.1000	0.1000
Carbonato de calcio	1.5000	1.5400
Ortofosfato de calcio	1.7000	1.6700
Fitasa	0.01097632	0.01103
Arena	1.1000	0.9440

El NOB de Pd y enzima fitasa para PV (0.4115% y 606.5934 FTU) no es igual al NOE (0.4121% y 551.3417 FTU); esto corresponde con lo que señalan Sauveur y Pérez (1985) y González (1994), quienes señalan que el NOB puede ser diferente al NOE.

El análisis de sensibilidad (Cuadros 30, 31, 32, 33 y 34), muestra que efectivamente si hay sensibilidad en el NOE de Pd y FTU con la variación al precio del pollo, del ortofosfato, de la fitasa y del ortofosfato y fitasa juntos.

Cuadro 30.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del pollo (\$/kg).

Variación	\$ pollo	NOE				U (\$) / pollo	
		GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	11.90	0.413	565	0.4118	567	5.66	5.64
+ 30%	11.05	0.413	562	0.4118	564	5.10	5.08
+ 20%	10.20	0.414	554	0.4119	561	3.97	4.51
+ 10%	9.35	0.414	554	0.4119	557	3.97	3.95
0	8.50	0.414	549	0.4121	551	3.40	3.38
- 10%	7.65	0.414	542	0.4121	545	2.84	2.82
- 20%	6.80	0.414	535	0.4121	538	2.27	2.25
-30%	5.95	0.415	524	0.4122	528	1.70	1.69
- 40%	5.10	0.416	509	0.4122	513	1.14	1.13

Entonces, el NOE es dependiente de la variación que pueda existir en el precio del pollo, del ortofosfato y de la fitasa.

Cuadro 31.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/kg).

Variación	\$ ortofosfato	NOE				U (\$) / pollo	
		GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	4.2	0.412	552	0.4102	554	3.38	3.36
+ 30%	3.9	0.412	551	0.4106	554	3.39	3.37
+ 20%	3.6	0.413	550	0.4111	553	3.39	3.37
+ 10%	3.3	0.413	549	0.4115	552	3.40	3.38
0	3.0	0.414	549	0.412	551	3.40	3.38
- 10%	2.7	0.414	548	0.412	552	3.41	3.39
- 20%	2.4	0.415	547	0.412	552	3.41	3.39
-30%	2.1	0.415	547	0.412	552	3.41	3.39
- 40%	1.8	0.416	546	0.4138	549	3.42	3.40

Cuadro 32.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio de la fitasa (\$/kg).

Variación	\$ fitasa	NOE				U (\$) / pollo	
		GAMS		EXCEL		GAMS	EXCEL
		Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa		
+ 40%	364	0.415	540	0.4129	543	3.39	3.37
+ 30%	338	0.414	542	0.4126	545	3.39	3.37
+ 20%	312	0.414	544	0.4124	547	3.40	3.38
+ 10%	286	0.414	547	0.4122	549	3.40	3.38
0	260	0.414	549	0.412	552	3.40	3.38
- 10%	234	0.413	551	0.4118	554	3.40	3.38
- 20%	208	0.413	553	0.4115	556	3.41	3.38
-30%	182	0.413	556	0.4113	558	3.41	3.39
- 40%	156	0.413	558	0.4111	561	3.41	3.39

El NOE para Pd es más sensible al cambio del precio del ortofosfato que al de fitasa, y el NOE para fitasa es más sensible al cambio del precio de la fitasa que del ortofosfato.

Cuadro 33.- Análisis de sensibilidad con la variación en el precio del ortofosfato (\$/kg) y de la fitasa (\$/Kg).

Variación	NOE							
	\$	\$	GAMS		EXCEL		U (\$) / pollo	
	ortof.	fitasa	Pd (%)	Fitasa	Pd (%)	Fitasa	GAMS	EXCEL
+ 40%	4.2	364	0.413	543	0.4111	545	3.37	3.35
+ 30%	3.9	338	0.413	544	0.4113	547	3.38	3.36
+ 20%	3.6	312	0.413	546	0.4115	548	3.39	3.37
+ 10%	3.3	286	0.413	547	0.4117	550	3.39	3.38
0	3.0	260	0.414	549	0.4121	551	3.40	3.38
- 10%	2.7	234	0.414	550	0.4122	553	3.41	3.39
- 20%	2.4	208	0.414	552	0.4124	555	3.42	3.40
-30%	2.1	182	0.414	554	0.4127	556	3.42	3.40
- 40%	1.8	156	0.415	555	0.4129	558	3.43	3.41

La variación en el precio del pollo afecta más a la U (\$), en cambio la variación en el precio del ortofosfato y fitasa se refleja más en la variación del precio de la dieta.

En los Cuadros 34 (Experimento 1) y 35 (Global, Experimento 1 + Experimento 2), se muestran las utilidades obtenidas al formular con los NOB que sugieren el NRC (1994), BASF, con el NOB estimado y con el NOE estimado.

Cuadro 34.- Utilidad obtenida al formular con el requerimiento sugerido por NRC (1994), por BASF (McKnight, 1996; Coelho, 1996), con el NOB calculado y con el NOE calculado de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg), en pollos de 1 a 21 días de edad. (Exp. 1).

	NRC (1994)	BASF (1996)	NOB Calculado	NOE Calculado
Pd (%)	0.4500	0.3500	0.3985	0.3910
Fitasa (FTU/kg)	0	600	600	600
Máximo peso vivo (kg)	0.637000	0.644000	0.652166	0.6519676
Consumo estimado de alimento (kg)	0.868000	0.862000	0.870760	0.8699173
Precio del pollo (\$/kg)	8.5	8.5	8.5	8.5
Costo de la dieta (\$/kg)	2.4900	2.4600	2.4817	2.4805
Utilidad a 21 días de edad (\$/pollo)	3.250000	3.350000	3.382487	3.383914

Cuadro 35.- Utilidad obtenida al formular con el requerimiento sugerido por NRC (1994), por BASF (McKnight, 1996; Coelho, 1996), con el NOB calculado y con el NOE calculado de fósforo disponible (Pd) y fitasa (FTU/kg), en pollos de 1 a 21 días de edad. (Análisis global).

	NRC (1994)	BASF (1996)	NOB calculado	NOE calculado
Pd (%)	0.4500	0.3500	0.4115	0.4121
Fitasa (FTU/kg)	0.0000	600.0000	606.5934	551.3417
Máximo peso vivo (kg)	0.615000	0.650000	0.664431	0.663985
Consumo estimado de alimento (kg)	0.886000	0.862000	0.913493	0.911460
Precio del pollo (\$/kg)	8.5	8.5	8.5	8.5
Costo de la dieta (\$/kg)	2.4900	2.4600	2.4842	2.4813
Utilidad a 21 días de edad (\$/pollo)	3.0200	3.3200	3.3783	3.3823

Del Cuadro 34 (Experimento 1), se observó un incremento de \$0.10/pollo al formular con la recomendación de BASF (0.35% de Pd y 600 FTU/kg) y de \$0.1339/pollo con el NOE calculado (0.391% de Pd y 600 FTU/kg), sobre la utilidad obtenida con lo sugerido por el NRC de 1994 (0.45% Pd). Por lo tanto, al emplear la fitasa se incrementa la utilidad y esta es mayor si se formula para máxima utilidad.

Al formular con el nivel óptimo económico se obtiene una utilidad extra de \$0.001427/pollo sobre la formulación con el nivel óptimo biológico.

Del análisis global (Cuadro 35), se tiene un aumento de \$0.30/pollo si se formula con la recomendación de BASF y un aumento de \$0.3623/pollo si se formula con el NOE calculado. Entonces, con el uso de fitasa y sobre todo, si se formula para máxima utilidad, se incrementa la utilidad sobre la obtenida con lo recomendado por el NRC (1994).

Al formular con el nivel óptimo económico se obtiene una utilidad extra de \$0.004/pollo sobre la formulación con el nivel óptimo biológico.

Este cálculo de utilidad es relativo para pollos a los 21 días de edad, es probable que se tenga una utilidad mayor al calcularlo para pollos con edad y/o peso a mercado (en este estudio no se realizó, ya que los experimentos fueron para iniciación de 1 a 21 días de edad, y al final de este periodo se sacrificaron pollos para obtener el contenido de cenizas en tibia).

VIII.- CONCLUSIONES

- El nivel óptimo biológico de fósforo disponible calculado sin la adición de fitasa (0.471%) es superior al requerimiento recomendado (0.45%) por el NRC (1994) para pollo de engorda en iniciación.
- Los niveles óptimos biológicos de fósforo disponible y fitasa son diferentes de los niveles óptimos económicos.
- Los niveles óptimos económicos de fósforo disponible y fitasa son sensitivos a la variación en el precio del pollo, del ortofosfato de calcio y de la fitasa.
- El optimizador de EXCEL es mas preciso que el optimizador de GAMS, lo anterior respecto al cálculo de los niveles óptimos biológico y económico de fósforo disponible y fitasa, y a la estimación del máximo peso vivo y la máxima utilidad.

IX.- RECOMENDACIONES

- Es necesario buscar o desarrollar modelos multifactoriales para la predicción de dos o más variables, con el fin de perfeccionar la metodología del sistema de formulación econométrica de dietas de máximo peso vivo y de máxima utilidad.
- Es importante calcular los niveles óptimos biológicos y económicos de fósforo disponible y fitasa en todas las etapas de producción del pollo de engorda; y obtener la utilidad final.
- Se recomienda utilizar el sistema de formulación econométrica de dietas de máxima utilidad (NOE) ya que se obtienen utilidades extras sobre la formulación de máximo peso vivo (NOB).
- Es posible recomendar la utilización del optimizador de EXCEL para resolver el sistema de formulación econométrica de dietas de máximo peso vivo y de máxima utilidad, ya que ha mostrado ser mas preciso que otros.

X.- LITERATURA CÍTADA

- Albarrán A., L. y J. Cigarroa. 1988. Nivel óptimo biológico de fósforo disponible para pollos de engorda en iniciación. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 40 pp.
- Anónimo, 1996. México después de la crisis. pp. 12-14 In: Avicultura profesional. Vol. 14. No. 4. 1996.
- Ardón, A.L., y M.M. Barillas. 1995. Efecto del nivel de fósforo en la ganancia de peso de pollos de engorda. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, U.A.Ch. 44 pp.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemists. 13th ed. Washington, D.C. 1018 pp.
- Ávila, G.E. 1988. Biodisponibilidad del fósforo en fuentes inorgánicas para aves. pp 129-137. In: Memorias del simposio El fósforo en la alimentación animal. FMVZ-UNAM, INIFAP. México.
- Barrera, G.J.G. 1998. Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina para pollos de engorda con alimentación ad libitum y restringida. Tesis de Grado Programa de Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. 105 pp.
- Biehl, R.R., and D.H. Baker. 1997. Utilization of phytate and nonphytate phosphorus in chicks as affected by source and amount of vitamin D3. J. Anim. Sci. 75:2986-2993.
- Biehl, R.R., J.L. Emmert, and D.H. Baker. 1997. Iron bioavailability in soybean meal as affected by supplemental phytase and 1-hidroxycholecalciferol. Poultry Science 76:1424-1427.
- Brooke, A.D.K. and A. Meeraus. 1988. GAMS. A users guide. The Scientific Press. 270 pp.
- Broz J., P. Oldale, A.H. Perin-Voltz, G. Rycheb, J. Schulze and C. Simoes Nunes. 1994. Effects of supplemental phytase on performance and phosphorus utilisation in broiler chicken fed a low phosphorus diet with addition of inorganic phosphates. British Poultry Science. 35:273-280.

- CANACINTRA. 1996. La industria alimenticia en México (1995-1996). CANACINTRA, sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales. México. D.F. 76 pp.
- Cassinelli A. y C. Gill. 1997. Panorama latinoamericano de producción de alimentos: mayor participación y presencia en el mercado mundial. pp. 8-14 *In: Alimentos balanceados para animales. Sept/Oct. 1997.*
- Coelho, M.B. 1996. Cost benefit analysis of Natuphos in poultry rations. pp. 112-121. *In: memorias del BASF Technical Symposium: Use of Natupho Phytase in poultry nutrition and waste management. Raleigh, North Carolina, USA.*
- Constantino, E.M. y S. Gil. 1996. Evaluación de la precisión de programas de optimización para estimar los niveles óptimos económicos y biológico de lisina para cerdos en crecimiento. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 80 pp.
- Coon, C.N. and K.L. Leske. 1996. An evaluation of phosphorus bioavailability a phosphorus retention approach. Pp. 1-18. *In: memorias del BASF Technical Symposium: Phosphorus and calcium management in layers. Atlanta, Georgia, USA.*
- Cuca, G.M., E. Ávila y A. Pro. 1996. Alimentación de las aves. 8ª edición. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 154 pp.
- Denbow, D.M., V. Ravindran, E.T. Kornegay, Z. Yi and R.M. Hulet. 1995. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Science. 74:1831-1842.*
- D'Alfonso, T.H., W.B. Roush, and J.A. Ventura. 1992. Least cost poultry rations with nutrient variability: a comparison of linear programming with a margin of safety and stochastic programming models. *Poultry Science. 71:255-262.*
- D'Alfonso, T.H., W.B. Roush and T.L. Cranever. 1993. Performance of broiler fed rations formulated by stochastic nonlinear programming or linear programming with a margin of safety. *Poultry Science. 72:620-627.*
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. AGT Editor, S.A. México, D.F. 188 pp.

- Eeckhout, W. and M. De Paepe. 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*. 47:19-29.
- Edwards H.M. Jr. 1993. Dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation increases natural phytate phosphorus utilization in chickens. *J. Nutr.* 123:567-577.
- Escamilla, G.I. 1996. El uso de minerales y sus perspectivas para la alimentación de aves. pp. 46-52. *In: Perspectivas económicas, mercados internacionales y abastecimiento de materias primas para la alimentación de aves*. ANECA. México
- García, M.E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Copen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios México. 227 pp.
- González, A.M., G.M. Pesti. and J.D. Dorfman. 1992. Formulating feed for minimum cost versus maximum profits. *In: Proceeding of the 1992, Georgia Nutrition Conference for the feed industry*. Atlanta, Georgia. U.S.A.. pp. 87-99.
- González, A.M. y R. Orozco. 1994. Análisis retrospectivo, situación actual y perspectivas en el empleo de métodos de formulación de raciones. pp. 154-177. *In: memorias de la V Reunión bienal de Nutrición Animal*. U.A.A.A.N. Torreón, Coah., México.
- González, A.M. 1994. La formulación econométrica: un beneficio para el productor. pp. 23-29. *In: memorias del VI simposio de avances tecnológicos*. NOVUS. Cancún, Q.R. México.
- González, Y.F. 1995 Síntesis avícola. Ed. Año Dos Mil. 2:28-19.
- Guardabasso, V.D. Rodbar and P.J. Munson. 1987. A model free approach to estimation of relative potency in dose response curve analysis. *An. J. Physiol.* 252:E357-E364.
- Gueguen, L. 1996. Determination of dietary Phosphorus Availability. pp. 163-172. *In A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. Edited by Michael B. Coelho and E.T. Kornegay.
- Harland F.B. and Oberleas, D. 1996. Phytic acid complex in feed ingredients. pp. 69-75. *In A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. Edited by Michael B. Coelho and E.T. Kornegay.

- Heinzl, W. 1996. Technical specifications of natuphos. pp. 21-36. *In: memorias del BASF Technical Symposium: Phosphorus and calcium management in layers.* Atlanta, Georgia, USA.
- Julian, R.L., J. Summers and J.B. Wilson. 1985. Right ventricular failure and ascites in broiler chickens caused by phosphorus-deficient diets. *Avian Diseases.* 30:453-459.
- Kornegay, E.T. 1996. Effect of phytase on the bioavailability of phosphorus, calcium, amino acids, and trace minerals in broilers and turkeys. pp. 39-68. *In: BASF Technical Symposium: Phosphorus and calcium management in layers.* Atlanta, Georgia, USA.
- Kornegay, E.T. 1996. Phytase supplementation of corn-soybean meal broiler diets. pp. 63-72. *In: BASF Technical Symposium: Use of Natuphos™ phytase in poultry nutrition and waste management.* Raleigh, North Carolina, USA.
- Kornegay, E.T. and Z. Yi. 1996. Evaluation of response criteria for assessing biological availability of phosphorus supplements in broilers and turkeys. pp. 145-149. *In: A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management.* Edited by Michael B. Coelho and E.T. Kornegay.
- McKnight, W.F. 1996. Phytase technical specifications and properties. pp. 1-14. *In: BASF Technical Symposium: Use of Natuphos™ phytase in poultry nutrition and waste management.* USA.
- McKnight, W.F. 1996. Efficacy of microbial phytase in broiler grower diets. pp. 46-60. *In: BASF Technical Symposium: Use of Natuphos™ phytase in poultry nutrition and waste management.* USA.
- Mitchell, R.D. and H.M. Edwards, Jr. 1996. Effects of phytase and 1-25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poultry Science.* 75:95-110.
- Mitchell, R.D. and H.M. Edwards, Jr. 1996. Additive effects of 1-25-dihydroxycholecalciferol and phytase on phytate phosphorus utilization and related parameters in broiler chickens. *Poultry Science.* 75:111-119.
- Mohammed A., M.J. Gibney and T.G. Taylor. 1991. The effects of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by chick. *British Journal of Nutrition.* 66:251-259.

- Motzok I., D. Arthur and D. Branion. 1955. Utilization of phosphorus from various phosphate supplements by chicks. *Poultry Science* 35:627-649.
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th revised edition. National Academy Press. Washington, D.C. USA. 155 pp.
- NRC (National Research Council). 1998. Nutrient requirements of swine. th revised edition. National Academy Press. Washington, D.C. USA. pp.
- Nelson, T.S. 1967. The utilization of phytate phosphorus by poultry-A review. *Poultry Science* 46:862-872.
- Nelson, T.S., T.R. Shieh, R.J. Wodzinski and J.H. Ware. 1971. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytate phosphorus by chicks. *Journal of Nutrition*. 101:1289-1294.
- Nelson, T.S. 1976. The hydrolisis of phytate phosphorus by chicks and laying hens. *Poultry Science* 55:2262-2264.
- Noll, L.S., P.E. Waibel, R.D. Cook and J.A. Witmer. 1984. Biopotency of methionine for young turkeys. *Poultry Science*. 63:2458-2470.
- North, M.O. y D. Bell 1993. Manual de producción avícola. 3ª edición. Manual Moderno. México, D.F. 829 pp.
- Oberleas, D. and B.F. Harland. 1996. Impact of phytic acid on nutrient availability. pp. 77-84. *In* A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management. Edited by Michael B. Coelho and E.T. Kornegay.
- Perney, K.M., A.H. Cantor, M.L. Straw and K.L. Herkelman. 1993. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poultry Science* 72:2106-2114.
- Quian, H., E.T. Kornegay, and D.M. Denbow. 1996. Phosphorus equivalence of microbial phytase in turkey diets as influenced by calcium to phosphorus ratios and phosphorus levels. *Poultry Science*. 75:69-81.
- Quian, H., H.P. Veit, E.T. Kornegay, V. Ravindran and D.M. Denbow. 1996. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. *Poultry Science*. 75:618-626.

- Quian, H., E.T. Kornegay, and D.M. Denbow. 1997. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium:total phosphorus ratio in broiler diets. *Poultry Science*. 76:37-46.
- Quintana, J.A. 1991. *Avitecnia: manejo de las aves domésticas*. 2ª edición. Ed. Trillas. México, D.F. 305 pp.
- Ravindran, V., G. Ravindran and S. Sivalogan. 1994. Total and phytate phosphorus contents of varios foods and feedstufts of plant origin. *Food chemistry*. 50:133-136.
- Ravindran, V. 1996. Occurrence of Phytic acid in Plant Feed Ingredients. pp. 85-92. *In A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. Edited by Michael B. Coelho and E.T. kornegay.
- Ravindran, V., D.J. Cadogan, M. Cabahug, W. Bryden and P.H. Selle. 1996. pp. 93-99. *In A BASF Reference Manual 1996: Phytase in Animal Nutrition and Waste Management*. Edited by Michael B. Coelho and E.T. kornegay.
- Rivera, N. y C. Gill. 1996. Panorama mundial de la producción de alimentos: club de los 10 millones. pp. 6-7. *In: Alimentos balanceados para animales*. Sept./Oct. 1996.
- Roland, D.A and R. Gordon. 1996. Phosphorus and calcium optimization in layer diets with phytase. pp. 17-29. *In: BASF Technical Symposium: Use of Natuphos™ phytase in poultry nutrition and waste management*. USA.
- Sainsbury, D. 1992. *Poultry health ans management*. 3th edition. Blackwell Scientific Publications. 183 pp.
- Salvatore, D. 1992. *Microeconomía*. 3ª edición. Mc.Graw-Hill. México, D.F. 436 pp.
- Santomá, G. 1994. Programas de alimentación en broilers y pollo alternativo. pp. 263-298. *In: memorias del X Curso de especialización FEDNA*. Madrid, España.
- SAS Institute. 1985. *SAS User's Guide*. SAS Inst. Cary, N.C. 957 pp.
- Sauver, B. y J.M. Pérez. 1985. Alimentación mineral. pp. 43-50. *In: Alimentación de los animales monogástricos: cerdo, conejo, aves*. Editado por el INRA. Ed. Mundi-Prensa.

- Schöner, F.J., P.P. Hoppe and G. Schwarz. 1991. Vergleich der effekte von mikrobieller phytase und anorganischem phosphat auf die leistungen und die retention von phosphor, calcium und rohasche bei masthühnerküken in der anfangsmast. J.Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 66:248-255.
- Schöner, F.J. 1992. Sinopsis de los efectos biológicos y la importancia ecológica de la fitasa en el broiler y en la gallina ponedora. pp. 17-27. *In*: La utilización de Natuphos® en el ganado porcino y avícola; edición 30, 4º Foro sobre Alimentación Animal de la BASF.
- Schöner, F.J., P.P. Hoppe, G. Schwarz and H. Weische. 1993. Vergleich von mikrobieller phytase und anorganischen phosphat bei masthahnenküken: wirkungen auf die mastleistungen und die meneralstoffretention bei variierter calcium-versorgung. J.Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 69:235-244.
- Scott, M.L. s.f. Factores que modifican las necesidades prácticas de vitaminas en las aves. Servicio de información del departamento de vitaminas. Productos Roché, S.A. México, D.F. 24 pp.
- Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1982. Nutrition of the chicken. Third Ed. Associated Publishers. Ithaca, New York, USA. 562 pp.
- Sebastian, S., S.P. Touchburn, E.R. Chavez and P.C. Lague. 1996. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. Poultry Science. 75:729-736.
- Serna, S.S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor, S.A. México, D.F. 521 pp.
- Simco, T.F. and E.L. Stephenson. 1960. Re-evaluation of the calcium-phosphorus requirements of the chick. Poultry Science. 1188-1192.
- Simons, P.C., H.A.J. Versteegh, A.W. Jongbloed, P.A. Kemme, P. Slumo; K.D. Bos, M.G.E. Wolters, R.F. Beudeker and G.J. Verschoor. 1990. Improvement of Phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. British Journal of Nutrition. 64:525-540.
- Staff Midia. 1998. Aumenta 3.3% la producción de pollo en 1997. pp. 121. *In*: Tecnología Aviecuaria en Latinoamérica. Año 11. No. 121.

- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. Ed. Mc Graw-Hill, México. 622 pp.
- Torres, R.J.M. y C. Martínez. 1995. Formulación computarizada de raciones para aves. *Nuestro Acontecer Avícola E.P.M.* 3(15):4-11.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 1997. Boletín informativo mensual U.N.A. no. 3. Abril de 1997. México, D.F.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 1997. Compendio de indicadores económicos del sector avícola 1996. Dirección de estudios económicos U.N.A. Abril de 1997. México, D.F. 60 pp.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 1998. Boletín informativo mensual U.N.A. no. 11. Diciembre de 1998. México, D.F.
- Urrutia, S. 1997. El broiler del año 2001. pp. 23-28. In: *Avicultura profesional*. Vol. 15. Número 8/9.
- Wayne, P.T. 1984. *Animal life-cycle feeding and nutrition*. Academic Press, Inc.. 319 pp.
- Yi, Z., E.T. Kornegay, V. Kornegay and D.M. Denbow. 1996. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Science*. 75:240-249.
- Yi, Z., E.T. Kornegay, and D.M. Denbow. 1996. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poult fed corn-soybean meal diets. *Poultry Science*. 75:979-990.
- Yi, Z., E.T. Kornegay, and D.M. Denbow. 1996. Supplemental microbial phytase improves zinc utilization in broilers *Poultry Science*. 75:540-546.

Anexo 1.- DIETAS EXPERIMENTALES.

Cuadro 35.- Dietas del experimento 1.

Cantidades en %

INGREDIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sorgo	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38	55.38
Pasta de soya	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79	35.79
Aceite vegetal	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97
DL-Metionina	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
HCl-Lisina	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla Mineral	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premezcla Vitaminica	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Carbonato de calcio	2.49	2.49	2.49	2.49	2.14	2.14	2.14	2.14	1.8	1.8	1.8	1.8	1.48	1.48	1.48	1.48
Ortofosfato de calcio	0.06	0.06	0.06	0.06	0.78	0.78	0.78	0.78	1.5	1.5	1.5	1.5	2.22	2.22	2.22	2.22
Fitasa	0	0.004	0.008	0.012	0	0.004	0.008	0.012	0	0.004	0.008	0.012	0	0.004	0.008	0.012
Arena	1.23	1.197	1.184	1.13	0.86	0.827	0.794	0.76	0.48	0.447	0.414	0.38	0.1	0.067	0.034	0
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

DIETAS ISOCALÓRICAS, ISOPROTEÍNICAS Y CON VARIACIÓN SOLO EN EL NIVEL DE FÓSFORO DISPONIBLE Y FITASA.

Cuadro 36.- Dietas del experimento 2.

Cantidades en %.

INGREDIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sorgo	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75	53.75
Pasta de soya	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83	37.83
Aceite vegetal	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26
DL-Metionina	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
HCl-Lisina	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premezcla mineral	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premezcla vitaminica	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Carbonato de calcio	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
Ortofosfato de calcio	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
Fitasa	0	0.004	0.008	0.012	0.016	0.02	0.024	0	0.004	0.008	0.012	0.016	0.02	0.024
Arena	0.72	0.716	0.712	0.708	0.704	0.7	0.696	0.02	0.016	0.012	0.008	0.004	0	0
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100.004	100	100	100	100	100	100	100

DIETAS ISOCALÓRICAS, ISOPROTEÍNICAS Y CON VARIACIÓN SOLO EN EL NIVEL DE FÓSFORO DISPONIBLE Y FITASA.

Anexo 2.- MODELOS PARA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

- Lineal $Y_i = \beta_0 + \beta_1 Pd + \beta_2 FTU + E_i$ (Steel y Torrie, 1985).

donde:

Y_i = variables de consumo de alimento o peso vivo.

β_0 = intercepto (respuesta con el nivel más bajo de nutrimento posible).

β_1 = pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de Pd en la dieta).

β_2 = pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de FTU en la dieta).

Pd, FTU = nivel del nutrimento en la dieta.

E_i = error de estimación.

- Cuadrático $Y_i = \beta_0 + \beta_1 Pd + \beta_2 Pd^2 + \beta_3 FTU + \beta_4 FTU^2 + \beta_5 PdFTU + E_i$
(Steel y Torrie, 1985). donde:

Y_i = variables de consumo de alimento o peso vivo.

β_0 = intercepto (respuesta con el nivel más bajo de nutrimento posible).

β_1 = pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de Pd en la dieta).

β_2 = parámetro de regresión cuadrática para el nivel de Pd.

β_3 = pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel de FTU en la dieta).

β_4 = parámetro de regresión cuadrática para el nivel de FTU.

β_5 = interacción para el nivel de los nutrimentos Pd* FTU.

Pd, FTU = nivel del nutrimento en la dieta.

E_i = error de estimación.

- Exponencial $Y_i = \beta_0 + EFIN + (\beta_1 * (EXP (-\beta_2 Pd - \beta_3 FTU))) + E_i$
(Noll et al., 1984).

donde:

Y_i = variables de consumo de alimento o ganancia de peso.

β_0 = intercepto (respuesta con el nivel más bajo de nutrimento posible).

β_1 = pendiente (incremento marginal en las respuestas, por cada unidad de incremento en el nivel del nutrimento en la dieta).

β_2 = parámetro de regresión para el nivel de Pd.

β_3 = parámetro de regresión para el nivel de FTU.

E_i = error de estimación.

Anexo 3.- PROGRAMA SAS PARA EL MODELO DE REGRESIÓN CUADRÁTICA (Steel y Torrie, 1985)

```
OPTIONS NODATE;
/* MODELO CUADRATICO */
DATA FOSFORO;
INPUT EFIN Pd FTU COAL PV CEN;
CARDS;
.....
.....
.....
:
DATA E21: SET FOSFORO: IF EFIN=21;
/* MODELO CUADRATICO PARA CONSUMO DE ALIMENTO */
PROC GLM DATA=E21;
MODEL COAL = Pd Pd*Pd FTU FTU*FTU Pd*FTU;

/* MODELO CUADRATICO PARA PESO VIVO */
PROC GLM DATA=E21;
MODEL PV = Pd Pd*Pd FTU FTU*FTU Pd*FTU;

/* MODELO LINEAL PARA % CEN */
PROC GLM DATA=E21;
MODEL CEN = Pd Pd*Pd FTU FTU*FTU Pd*FTU;
RUN;
```

Anexo 4.- ANÁLISIS DE VARIANZA EXPERIMENTO 1
ANAVA PARA PESO VIVO (PV).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	3	818154.1719	272718.0573	317.96	**
F	3	40705.6719	13568.5573	15.82	**
P*F	9	49091.2656	5454.5851	6.36	**
Error	48	41169.7500	857.7031		
Total	63	949120.8594			

ANAVA PARA CONSUMO DE ALIMENTO (COAL).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	3	281115.2969	93705.099	119.41	**
F	3	3537.7969	1179.2656	1.50	NS
P*F	9	8153.7656	905.974	1.15	NS
Error	48	37668.7500	784.7656		
Total	63	330475.6094			

ANAVA PARA CONVERSIÓN ALIMENTICIA (CA).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	3	9.38031719	3.1267724	141.89	**
F	3	1.70357969	0.5678599	25.77	**
P*F	9	3.66742656	0.40749184	18.49	**
Error	48	1.05777500	0.02203698		
Total	63	15.80909844			

ANAVA PARA UTILIDAD (U \$).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	3	27.69681219	9.23227073	535.00	**
F	3	1.49883698	0.49961233	28.95	**
P*F	9	2.46486972	0.27387441	15.87	**
Error	48	0.5522144	0.0172567		
Total	63	15.80909844			

ANAVA PARA % DE CENIZAS EN TIBIA (% CEN).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	3	5923.960478	1974.653493	1678.15	**
F	3	179.190686	59.730229	50.76	**
P*F	9	110.441959	12.271329	10.43	**
Error	80	94.134817	1.176685		
Total	95	6307.727941			

EXPERIMENTO 2.

ANAVA PARA PESO VIVO (PV).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	1	735508.6667	735508.6667	61536.58	**
F	6	82423.3333	13737.2222	1149.33	**
P*F	6	36640.6667	6106.7778	510.93	**
Error	28	334.6667	11.9524		
Total	41	854907.3333			

ANAVA PARA CONSUMO DE ALIMENTO (COAL).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	1	1426740.024	1426740.024	4244.14	**
F	6	57630.476	9605.079	28.57	**
P*F	6	80441.810	13406.968	39.88	**
Error	28	9412.667	336.167		
Total	41	1574224.976			

ANAVA PARA CONVERSIÓN ALIMENTICIA (CA).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	1	0.4120381	0.4120381	189.96	**
F	6	1.06254762	0.17709127	81.64	**
P*F	6	0.50399524	0.08399921	38.73	**
Error	28	0.06073333	0.00216905		
Total	41	2.03931429			

ANAVA PARA UTILIDAD (U \$).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	1	16.46129610	16.46129610	8560.53	**
F	6	3.13120162	0.52186694	271.39	**
P*F	6	0.8532839	0.14221398	73.96	**
Error	28	0.0538420	0.00192293		
Total	41	20.4996236			

ANAVA PARA % DE CENIZAS EN TIBIA (% CEN).

Fuente	GL	SC	CM	F	Sig.
P	1	7800.110744	7800.110744	16346.86	**
F	6	188.424124	31.404021	65.81	**
P*F	6	54.563248	9.093875	19.06	**
Error	28	33.401383	0.477163		
Total	41	8076.499499			

Anexo 5.- COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS A LOS 21 DÍAS (EXPERIMENTO 1)

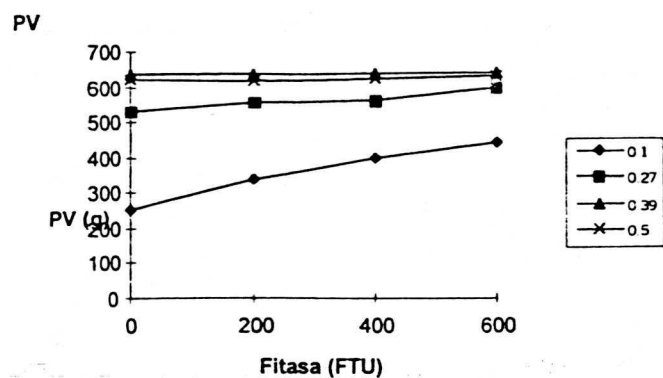


Figura 4.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el PV (g) de pollos a los 21 días de edad.

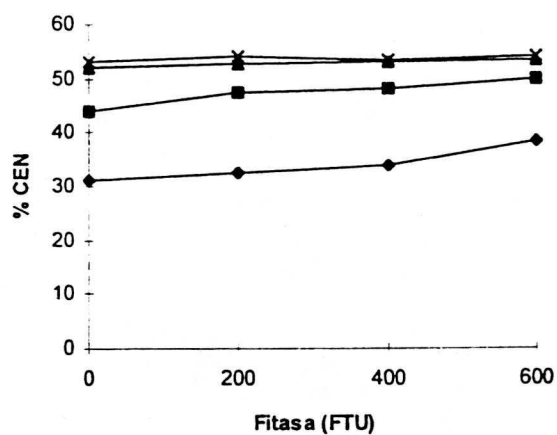


Figura 5.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el % CEN en tibia de pollos a los 21 días de edad.

Anexo 6.- Efecto del nivel de Pd y fitasa, sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda a los 21 días de edad (experimento 1)

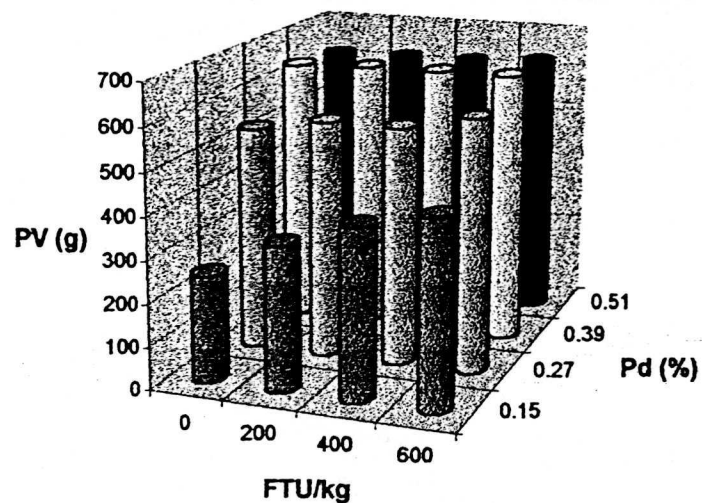


Figura 6.- Peso vivo de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

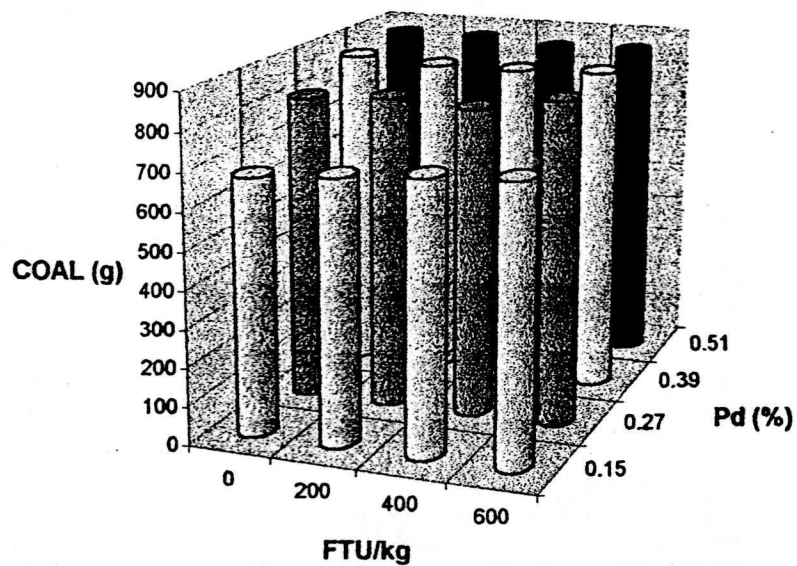


Figura 7.- Consumo de alimento de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

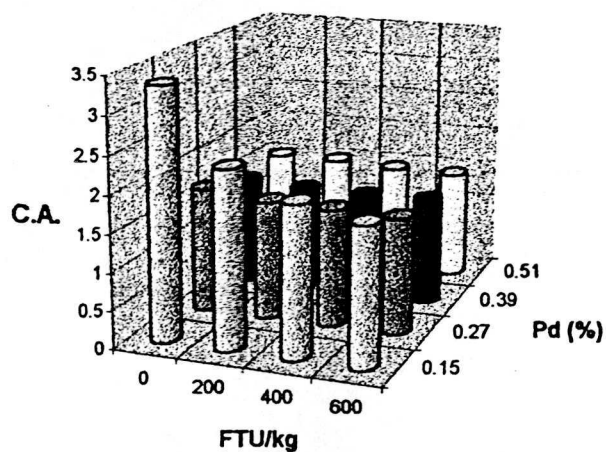


Figura 8.- Conversión alimenticia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

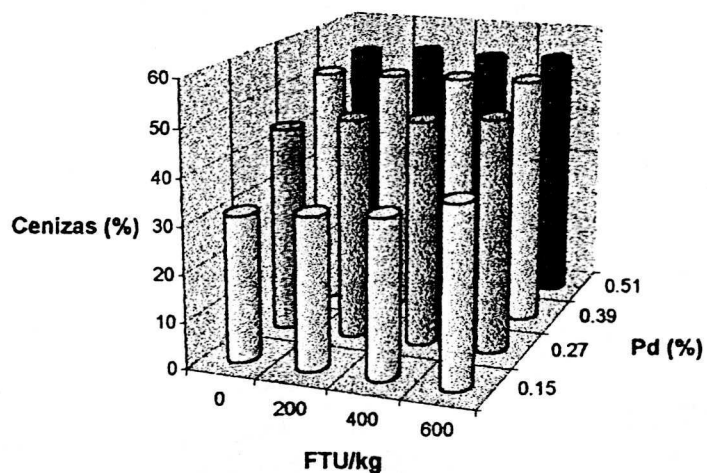
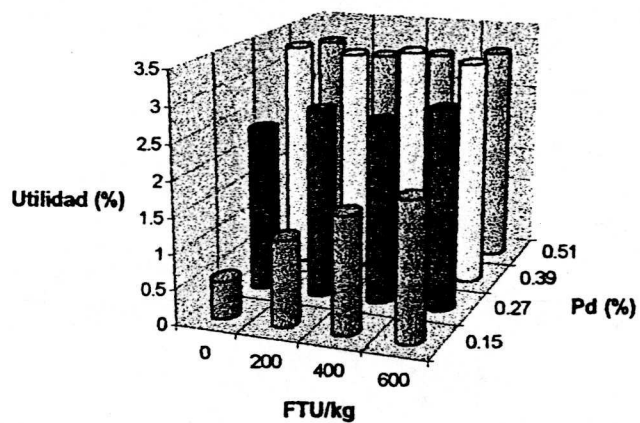


Figura 9.- % CEN en tibia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.



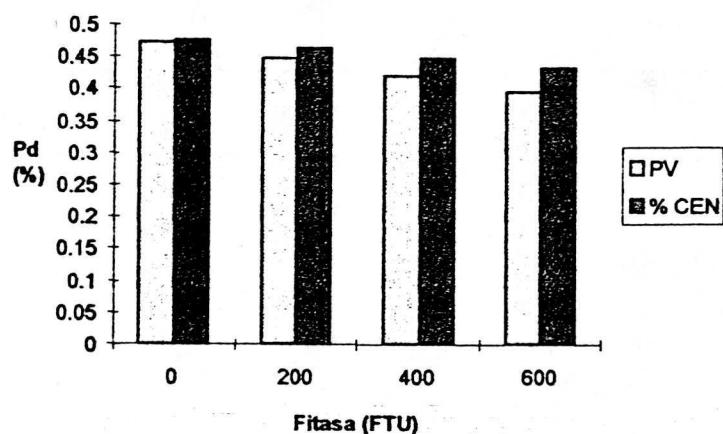


Figura 11.- NOB de Pd (%) con adición de fitasa, para PV y % CEN en tibia de pollos de engorda de 1 a 21 días de edad.

Anexo 7.- COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS A LOS 21 DÍAS (EXPERIMENTO 2)

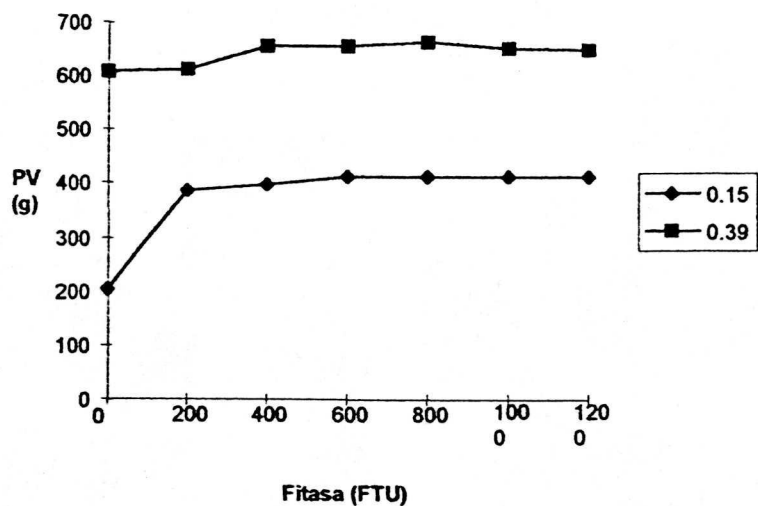


Figura 12.- Efecto del nivel de fitasa, en cada nivel de Pd, sobre el PV de pollos a los 21 días de edad.

Anexo 8.- Efecto del nivel de Pd y fitasa, sobre el comportamiento productivo en pollos de engorda a los 21 días de edad (experimento 2)

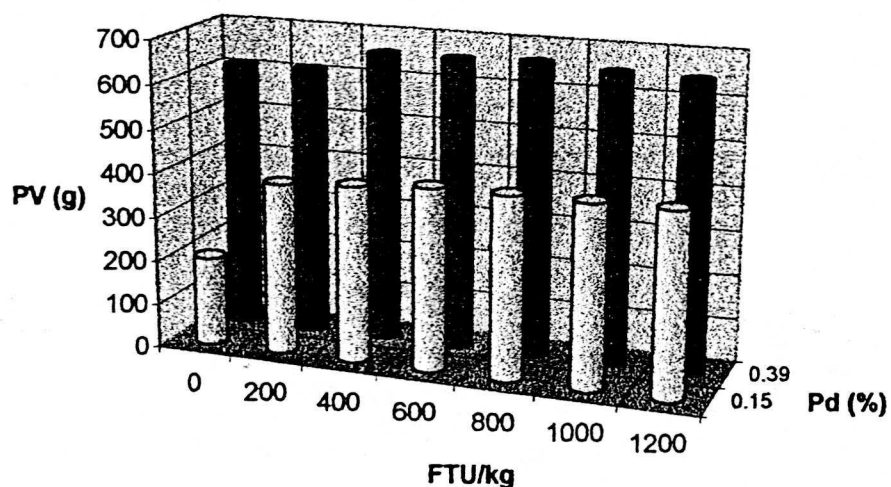


Figura 13.- Peso vivo de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

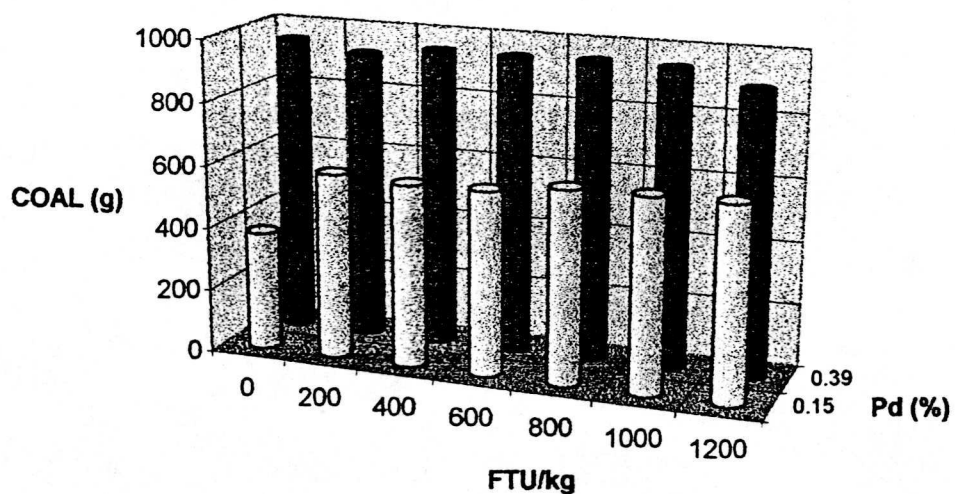


Figura 14.- Consumo de alimento de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

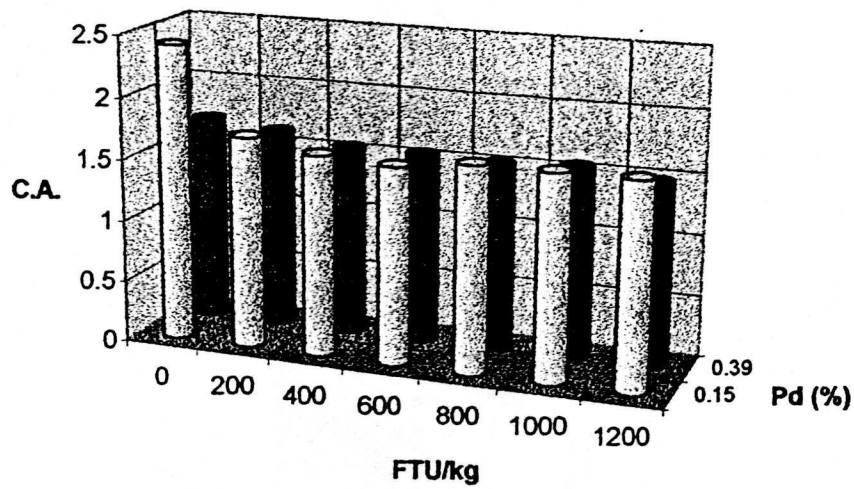


Figura 15.- Conversión alimenticia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.

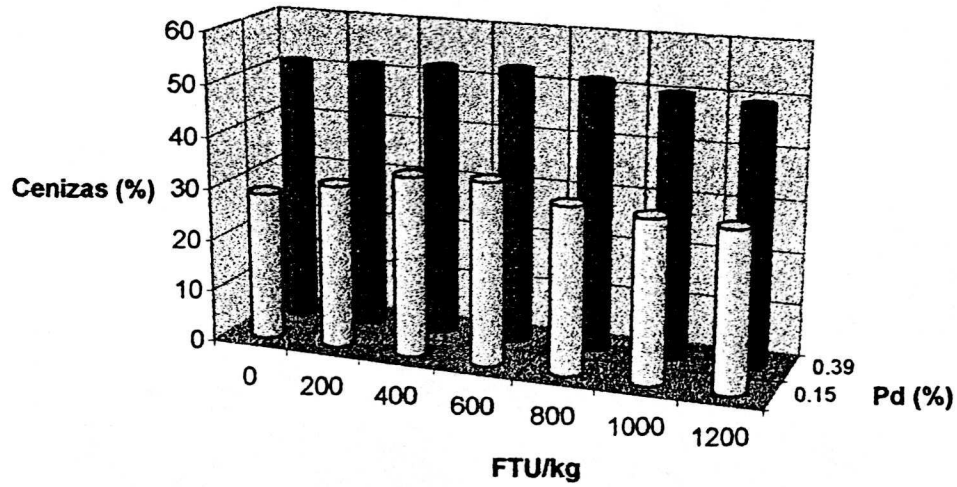
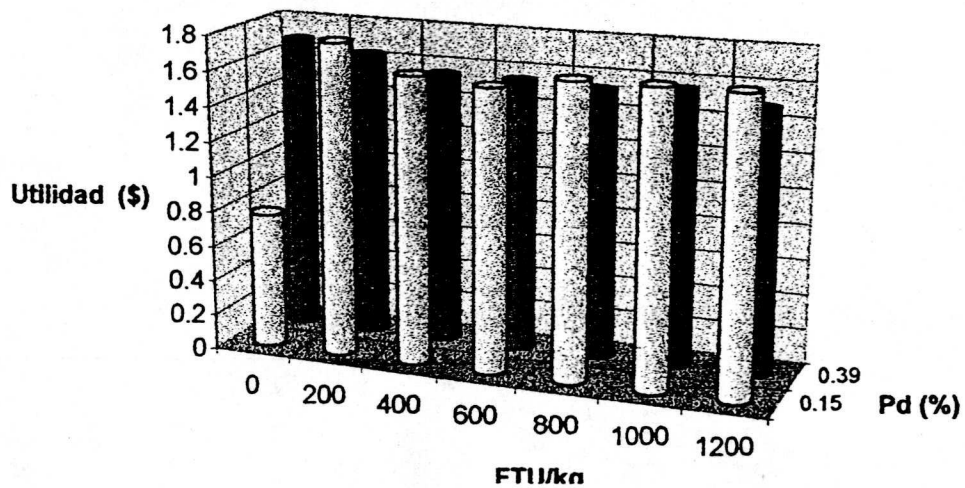
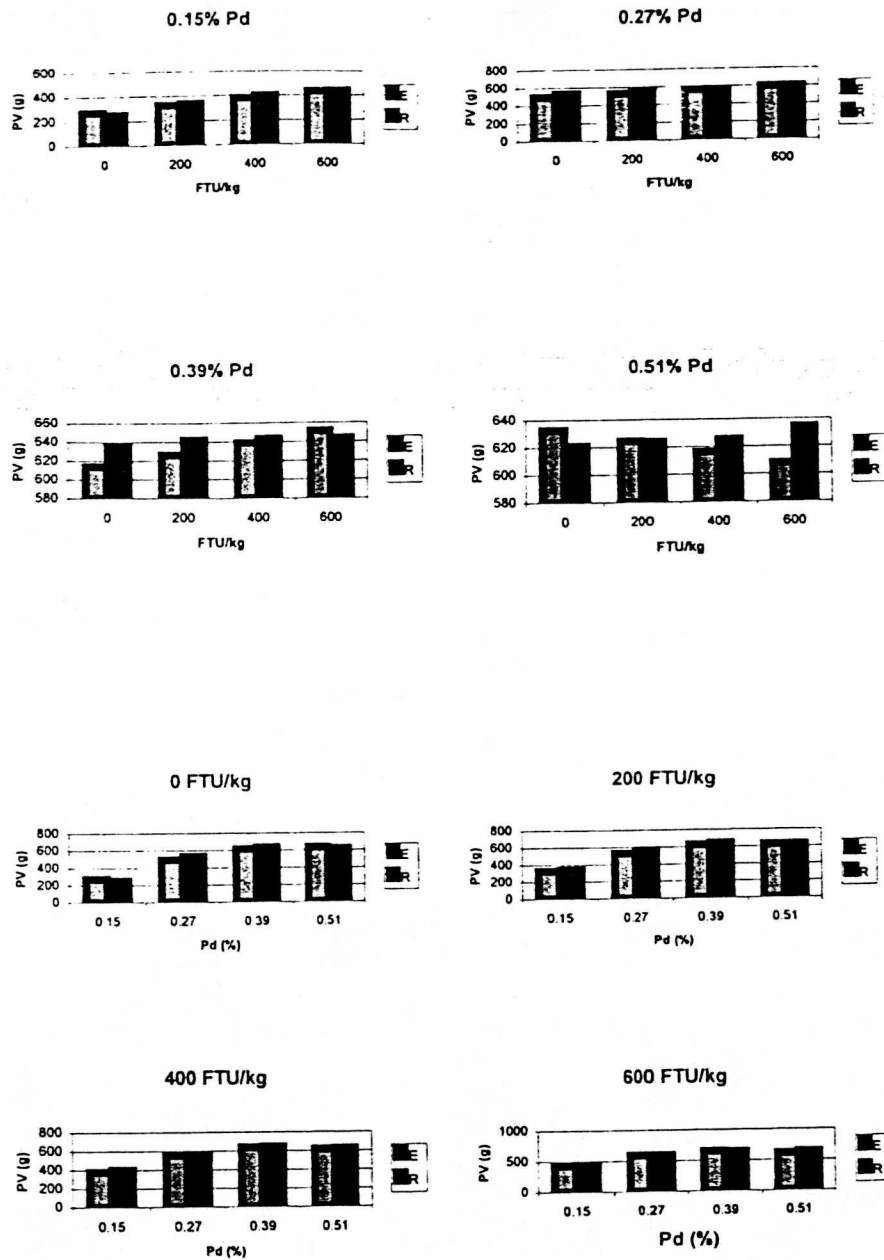


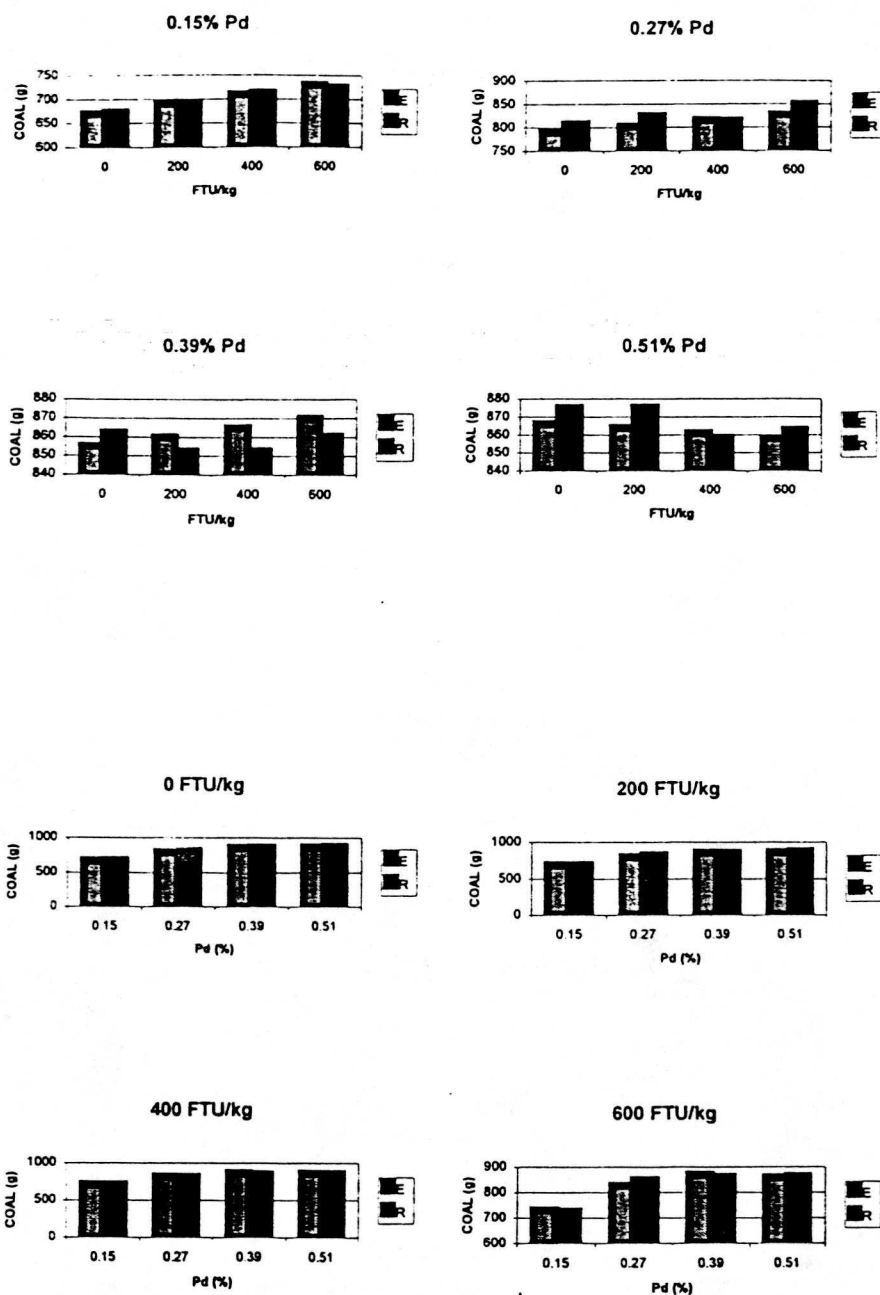
Figura 16.- % CEN en tibia de pollos de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa.



Anexo 9.- Peso vivo real (R) y estimado (E) con el modelo cuadrático, en pollo de engorda a los 21 días, con diferentes niveles de Pd y fitasa



Anexo 10.- Consumo de alimento real (R) y estimado (E) con el modelo cuadrático, en pollo de engorda a los 21 días, a diferentes niveles de Pd y fitasa



Anexo 11.- MODELOS DE PROGRAMACIÓN NO-LINEAR PARA CALCULAR EL NOB Y NOE DE FÓSFORO DISPONIBLE Y DE FITASA DE LAS DIETAS

NOB **Max F O** (maximizar la función objetivo)
AX ≥ b **X ≥ 0**
donde:

F O = Máximo Peso Vivo (PV).

PV = $\beta_0 + \beta_1 * Pd + \beta_2 * Pd^2 + \beta_3 * FTU + \beta_4 * FTU^2 + \beta_5 * Pd * FTU$

Restricciones:

AX ≥ b (A=nutriente; X=ingrediente; b=requerimiento).

X ≥ 0 (condición de no negatividad).

Nota: como los nutrimentos (menos Pd y FTU) van fijos de acuerdo al nivel de los ingredientes que no son CaCO₃, Ortofosfato, Fitasa y Arena, las restricciones son:

COSTO DEL ALIMENTO (\$/kg) A0X1+ A0X2+ A0X3+ A0X4+ A0X5+ A0X6+ A0X7+ A0X8+ A0X9+ A0X10+ A0X11+ A0X12+ A0X13+ A0X14 ≥ 0

MINEM (Mcal/kg) A1X1+ A1X2+ A1X3+ A1X4+ A1X5+ A1X6+ A1X7+ A1X8+ A1X9+ A1X10+ A1X11+ A1X12+ A1X13+ A1X14 ≥ 0

MINPC (%) A2X1+ A2X2+ A2X3+ A2X4+ A2X5+ A2X6+ A2X7+ A2X8+ A2X9+ A2X10+ A2X11+ A2X12+ A2X13+ A2X14 ≥ 0

MINARG (%) A3X1+ A3X2+ A3X3+ A3X4+ A3X5+ A3X6+ A3X7+ A3X8+ A3X9+ A3X10+ A3X11+ A3X12+ A3X13+ A3X14 ≥ 0

MINLIS (%) A4X1+ A4X2+ A4X3+ A4X4+ A4X5+ A4X6+ A4X7+ A4X8+ A4X9+ A4X10+ A4X11+ A4X12+ A4X13+ A4X14 ≥ 0

MINMET (%) A5X1+ A5X2+ A5X3+ A5X4+ A5X5+ A5X6+ A5X7+ A5X8+ A5X9+ A5X10+ A5X11+ A5X12+ A5X13+ A5X14 ≥ 0

MINM+C (%) A6X1+ A6X2+ A6X3+ A6X4+ A6X5+ A6X6+ A6X7+ A6X8+ A6X9+ A6X10+ A6X11+ A6X12+ A6X13+ A6X14 ≥ 0

MINTREO (%) A7X1+ A7X2+ A7X3+ A7X4+ A7X5+ A7X6+ A7X7+ A7X8+ A7X9+ A7X10+ A7X11+ A7X12+ A7X13+ A7X14 ≥ 0

MINTRIP (%) A8X1+ A8X2+ A8X3+ A8X4+ A8X5+ A8X6+ A8X7+ A8X8+ A8X9+ A8X10+ A8X11+ A8X12+ A8X13+ A8X14 ≥ 0

IgCa (%) A9X1+ A9X2+ A9X3+ A9X4+ A9X5+ A9X6+ A9X7+ A9X8+ A9X9+ A9X10+ A9X11+ A9X12+ A9X13+ A9X14 = 1

MINPd (%) A10X1+ A10X2+ A10X3+ A10X4+ A10X5+ A10X6+ A10X7+ A10X8+ A10X9+ A10X10+ A10X11+ A10X12+ A10X13+ A10X14 ≥ 0.15

MAXPd (%) A11X1+ A11X2+ A11X3+ A11X4+ A11X5+ A11X6+ A11X7+ A11X8+ A11X9+ A11X10+ A11X11+ A11X12+ A11X13+ A11X14 ≤ 0.51

MINFTU (FTU/kg) A12X1+ A12X2+ A12X3+ A12X4+ A12X5+ A12X6+ A12X7+ A12X8+ A12X9+ A12X10+ A12X11+ A12X12+ A12X13+ A12X14 ≥ 0

MAXFTU (FTU/kg) A13X1+ A13X2+ A13X3+ A13X4+ A13X5+ A13X6+ A13X7+ A13X8+ A13X9+ A13X10+ A13X11+ A13X12+ A13X13+ A13X14 ≤ 1200

IGSorgo X1 = 0.5536

IGSoya $X_2 = 0.3540$

IGAceite $X_3 = 0.0397$

IGLisina $X_4 = 0.0016$

IGMetionina $X_5 = 0.0024$

IGTreonina $X_6 = 0$

IGTriptofano $X_7 = 0$

MINCaCO₃ $X_8 \geq 0$

MINORTO $X_9 \geq 0$

MINFITASA $X_{10} \geq 0$

IGSal $X_{11} = 0.0035$

IGMin $X_{12} = 0.0010$

IGVit $X_{13} = 0.0025$

MINARENA $X_{14} \geq 0$

MINPESO (kg) $A_{14}X_1 + A_{14}X_2 + A_{14}X_3 + A_{14}X_4 + A_{14}X_5 + A_{14}X_6 + A_{14}X_7 + A_{14}X_8 + A_{14}X_9 + A_{14}X_{10} + A_{14}X_{11} + A_{14}X_{12} + A_{14}X_{13} + A_{14}X_{14} \geq 1$

MAXPESO (kg) $A_{15}X_1 + A_{15}X_2 + A_{15}X_3 + A_{15}X_4 + A_{15}X_5 + A_{15}X_6 + A_{15}X_7 + A_{15}X_8 + A_{15}X_9 + A_{15}X_{10} + A_{15}X_{11} + A_{15}X_{12} + A_{15}X_{13} + A_{15}X_{14} \leq 1.002$

NOE

Max = F O (maximizar la función objetivo)

AX ≥ b

X ≥ 0

donde:

F O = Máxima Utilidad (\$).

Utilidad (\$) = Ingresos (\$) – Egresos (\$)

Ingresos (\$) = Peso Vivo * \$/kg de pollo.

Egresos (\$) = Consumo de alimento * \$/kg de alimento.

Restricciones:

Peso Vivo = PV

$PV = \beta_{0a} + \beta_{1a} * Pd + \beta_{2a} * Pd^2 + \beta_{3a} * FTU + \beta_{4a} * FTU^2 + \beta_{5a} * Pd * FTU$

$PV \geq 0$

Consumo de Alimento = COAL

$COAL = \beta_{0b} + \beta_{1b} * Pd + \beta_{2b} * Pd^2 + \beta_{3b} * FTU$

$COAL \geq 0$

COSTO DEL ALIMENTO (\$/kg) $A_{0X1} + A_{0X2} + A_{0X3} + A_{0X4} + A_{0X5} + A_{0X6} + A_{0X7} + A_{0X8} + A_{0X9} + A_{0X10} + A_{0X11} + A_{0X12} + A_{0X13} + A_{0X14} \geq 0$

AX ≥ b (A=nutrimiento; X=ingrediente; b=requerimiento).

X ≥ 0 (condición de no negatividad).

Nota: como los nutrimentos (menos Pd y FTU) van fijos de acuerdo al nivel de los ingredientes que no son CaCO₃, Ortofosfato, Fitasa y Arena, las restricciones son:

MINEM (Mcal/kg) $A_{1X1} + A_{1X2} + A_{1X3} + A_{1X4} + A_{1X5} + A_{1X6} + A_{1X7} + A_{1X8} + A_{1X9} + A_{1X10} + A_{1X11} + A_{1X12} + A_{1X13} + A_{1X14} \geq 0$

MINPC (%) $A2X1+ A2X2+ A2X3+ A2X4+ A2X5+ A2X6+ A2X7+ A2X8+ A2X9+ A2X10+ A2X11+ A2X12+ A2X13+ A2X14 \geq 0$
MINARG (%) $A3X1+ A3X2+ A3X3+ A3X4+ A3X5+ A3X6+ A3X7+ A3X8+ A3X9+ A3X10+ A3X11+ A3X12+ A3X13+ A3X14 \geq 0$
MINLIS (%) $A4X1+ A4X2+ A4X3+ A4X4+ A4X5+ A4X6+ A4X7+ A4X8+ A4X9+ A4X10+ A4X11+ A4X12+ A4X13+ A4X14 \geq 0$
MINMET (%) $A5X1+ A5X2+ A5X3+ A5X4+ A5X5+ A5X6+ A5X7+ A5X8+ A5X9+ A5X10+ A5X11+ A5X12+ A5X13+ A5X14 \geq 0$
MINM+C (%) $A6X1+ A6X2+ A6X3+ A6X4+ A6X5+ A6X6+ A6X7+ A6X8+ A6X9+ A6X10+ A6X11+ A6X12+ A6X13+ A6X14 \geq 0$
MINTREO (%) $A7X1+ A7X2+ A7X3+ A7X4+ A7X5+ A7X6+ A7X7+ A7X8+ A7X9+ A7X10+ A7X11+ A7X12+ A7X13+ A7X14 \geq 0$
MINTRIP (%) $A8X1+ A8X2+ A8X3+ A8X4+ A8X5+ A8X6+ A8X7+ A8X8+ A8X9+ A8X10+ A8X11+ A8X12+ A8X13+ A8X14 \geq 0$
IgCa (%) $A9X1+ A9X2+ A9X3+ A9X4+ A9X5+ A9X6+ A9X7+ A9X8+ A9X9+ A9X10+ A9X11+ A9X12+ A9X13+ A9X14 = 1$
MINPd (%) $A10X1+ A10X2+ A10X3+ A10X4+ A10X5+ A10X6+ A10X7+ A10X8+ A10X9+ A10X10+ A10X11+ A10X12+ A10X13+ A10X14 \geq 0.15$
MAXPd (%) $A11X1+ A11X2+ A11X3+ A11X4+ A11X5+ A11X6+ A11X7+ A11X8+ A11X9+ A11X10+ A11X11+ A11X12+ A11X13+ A11X14 \leq 0.51$
MINFTU (FTU/kg) $A12X1+ A12X2+ A12X3+ A12X4+ A12X5+ A12X6+ A12X7+ A12X8+ A12X9+ A12X10+ A12X11+ A12X12+ A12X13+ A12X14 \geq 0$
MAXFTU (FTU/kg) $A13X1+ A13X2+ A13X3+ A13X4+ A13X5+ A13X6+ A13X7+ A13X8+ A13X9+ A13X10+ A13X11+ A13X12+ A13X13+ A13X14 \leq 1200$
IGSorgo $X1 = 0.5536$
IGSoya $X2 = 0.3540$
IGAceite $X3 = 0.0397$
IGLisina $X4 = 0.0016$
IGMetionina $X5 = 0.0024$
IGTreonina $X6 = 0$
IGTriptofano $X7 = 0$
MINCaCO₃ $X8 \geq 0$
MINORTO $X9 \geq 0$
MINFITASA $X10 \geq 0$
IGSal $X11 = 0.0035$
IGMin $X12 = 0.0010$
IGVit $X13 = 0.0025$
MINARENA $X14 \geq 0$
MINPESO (kg) $A14X1+ A14X2+ A14X3+ A14X4+ A14X5+ A14X6+ A14X7+ A14X8+ A14X9+ A14X10+ A14X11+ A14X12+ A14X13+ A14X14 \geq 1$
MAXPESO (kg) $A15X1+ A15X2+ A15X3+ A15X4+ A15X5+ A15X6+ A15X7+ A15X8+ A15X9+ A15X10+ A15X11+ A15X12+ A15X13+ A15X14 \leq 1.002$

Anexo 12.- PROGRAMAS DE GAMS

* Programa GAMS para calcular el NOB de Pd y fitasa para máximo PV (Experimento 1)

S OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF

SETS

T COSTO / COSTO /
 I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, PD,
 SAL, VIT, MIN, FTU, PESO /
 J INGREDIENTES / SOR, SOY, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, FIT, SAL,
 VIT, MIN, AREN /
 K Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento / A, B, C, D, E /
 L Coeficientes de regresion para Peso Vivo / A1, B1, C1, D1, E1 /
 M REQUERIMIENTOS / MINEM, MINPC, MINPD, MAXPD, MINFTU, MAXFTU, MINLIS,
 MINARG, MINMET, MINMCIS, MINTREO, MINTRIP, IGCA, MINPESO,
 MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, MINCACO3,
 MINORTO, MINFIT, IGSAL, IGUIT, IGMIN, MINAREN / ;

PARAMETERS

CPD (K) Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento
 / A 443.644583
 B 1791.222222
 C -1886.574074
 D 0.147483
 E -0.316111 /
 PPD (L) Coeficientes de regresion para Peso Vivo
 / A1 -146.018333
 B1 3322.277778
 C1 -3518.518519
 D1 0.399158
 E1 -0.863611 /

B (M) REQUERIMIENTOS
 / MINEM 0
 MINPC 0
 MINPD .15
 MAXPD .51
 MINFTU 0
 MAXFTU 600
 MINLIS 0
 MINARG 0
 MINMET 0
 MINMCIS 0
 MINTREO 0
 MINTRIP 0
 IGCA 1
 MINPESO 1.000
 MAXPESO 1.002
 IGSOR .5536
 IGSOY .3536
 IGACE .0397
 IGHCLLIS .0016
 IGDLMET .0024
 MINCACO3 0
 MINORTO 0
 MINFIT 0
 IGSAL .0035
 IGUIT .0025

IGMIN .001
 MINAREN 0 / ;
 TABLE P(I,J) COSTO DE INGREDIENTES
 SOR SOY ACE HCLLIS DLMET CACO3 ORTO FIT SAL VIT MIN AREN
 COSTO 1.6 2.9 7.5 26 26 .6 3 260 1.2 26 8 .2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES
 SOR SOY ACE HCLLIS DLMET CACO3 ORTO SAL VIT MIN AREN FIT
 EM 3.288 2.23 8.95 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PC 8.2 46.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 LIS .21 2.69 0 78 0 0 0 0 0 0 0 0
 ARG .34 3.28 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 MET .16 .65 0 0 98 0 0 0 0 0 0 0
 MCIS .32 1.34 0 0 98 0 0 0 0 0 0 0
 TREO .29 1.81 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 TRIP .1 .62 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 CA .04 .27 0 0 0 36.58 19 0 0 0 0 0
 PD .09 .2418 0 0 0 0 16.56 0 0 0 0 0
 FTU 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 5000000
 PESO 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

VARIABLES

NOB Nivel Optimo Biologico
 PV Peso Vivo
 COST Costo total de la dieta
 X (J) Cantidades de ingredientes
 PDDIET Fosforo disponible total de la dieta
 FTUDIET Fitasa total de la dieta
 CONS Consumo de alimento acumulado
 CKG Costo por kilogramo de dieta
 CALIM Consumo de alimento
 PT Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL Precio del Kg de pollo / 8.5 / ;

POSITIVE VARIABLES PV, COST, X, PDDIET, FTUDIET, CONS, CKG, CALIM, PT;

PDDIET.LO=B ('MINPD');
 PDDIET.UP=B ('MAXPD');
 FTUDIET.LO=B ('MINFTU');
 FTUDIET.UP=B ('MAXFTU');
 PT.LO=1 ;
 PT.UP=1.002 ;

EQUATIONS

PESOVIVO Nivel Optimo Biologico
 PVIVO Peso vivo
 COSTO Costo de la dieta
 COSTKG Costo por kilogramo
 EM Energia metabolizable
 PC Proteina cruda
 LIS Lisina
 ARG Arginina
 MET Metionina
 MCIS Metionina mas cisteina
 TREO Treonina
 TRIP Triptofano
 CA Calcio
 MINPDISP Minimo de fosforo disponible
 MAXPDISP Maximo de fosforo disponible
 PDTOT Fosforo disponible total de la dieta

MINFIT	Minimo de fitasa
MAXFIT	Maximo de fitasa
FTUTOT	Fitasa total de la dieta
PESOMIN	Peso minimo de la dieta
PESOMAX	Peso maximo de la dieta
PESOTOT	Peso total de la dieta
SOR	Sorgo
SOY	Soya
ACE	Aceite vegetal
HCLLIS	Lisina sintetica
DLMET	Metionina sintetica
ORTO	Ortofosfato
CACO3	Carbonato de calcio
FIT	Fitasa
SAL	Sal
VIT	Premezcla vitaminica
MIN	Premezcla mineral
AREN	Arena
CONTAL	Consumo total de alimento ;
PESOVIVO ..	NOB =E= PV ;
PVIVO ..	PPD('A1') + PDDIET*PPD('B1') + PDDIET**2*(PPD('C1')) + FTUDIET*PPD('D1') + (PDDIET*FTUDIET)*PPD('E1') - PV =E= 0 ;
COSTO ..	SUM(J,P('COSTO',J)*X(J)) - COST =E= 0 ;
COSTKG ..	((COST/PT)) - CKG =E=0 ;
EM ..	SUM(J,A('EM',J)*X(J)) - B('MINEM')*CALIM =G=0 ;
PC ..	SUM(J,A('PC',J)*X(J)) - B('MINPC')*CALIM =G=0 ;
LIS ..	SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MINLIS')*CALIM =G=0 ;
ARG ..	SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G=0 ;
MET ..	SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G=0 ;
MCIS ..	SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMCIS')*CALIM =G=0 ;
TREO ..	SUM (J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G=0 ;
TRIP ..	SUM (J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G=0 ;
CA ..	SUM (J,A('CA',J)*X(J)) - B('IGCA')*CALIM =E=0 ;
MINPDISP ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MINPD')*CALIM =G=0 ;
MAXPDISP ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MAXPD')*CALIM =L=0 ;
PDTOT ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - PDDIET*CALIM =E=0 ;
MINFIT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MINFTU')*CALIM =G=0 ;
MAXFIT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MAXFTU')*CALIM =L=0 ;
FTUTOT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - FTUDIET*CALIM =E=0 ;
PESOMIN ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G=0 ;
PESOMAX ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L=0 ;
PESOTOT ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E=0 ;
SOR ..	X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E=0 ;
SOY ..	X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E=0 ;
ACE ..	X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E=0 ;
HCLLIS ..	X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G=0 ;
DLMET ..	X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E=0 ;
ORTO ..	X('ORTO') - B('MINORTO')*CALIM =G=0 ;
CACO3 ..	X('CACO3') - B('MINCACO3')*CALIM =G=0 ;
FIT ..	X('FIT') - B('MINFIT')*CALIM =G=0 ;
SAL ..	X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E=0 ;
VIT ..	X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E=0 ;
MIN ..	X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E=0 ;
AREN ..	X('AREN') - B('MINAREN')*CALIM =G=0 ;
CONTAL ..	CALIM =E=1 ;
MODEL MPVPD / ALL /	
SOLVE MPVPD USING NLP MAXIMIZING NOB.;	
DISPLAY X.L, X.M ;	

*** Programa GAMS para calcular el NOB de Pd y fitasa para máximo % CEN
(experimento 1)**

\$ OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF
SETS

T COSTO / COSTO /
I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, PD,
SAL, VIT, MIN, FTU, PESO /
J INGREDIENTES / SOR, SOY, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, FIT, SAL,
VIT, MIN, AREN /
K Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento / A, B, C, D, E /
L Coeficientes de regresion para Cenizas / A1, B1, C1, D1, E1 /
M REQUERIMIENTOS / MINEM, MINPC, MINPD, MAXPD, MINFTU, MAXFTU, MINLIS,
MINARG, MINMET, MINMCIS, MINTREO, MINTRIP, IGCA, MINPESO,
MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, MINCACO3,
MINORTO, IGFIT, IGSAL, IGVIT, IGMIN, MINAREN / ;

PARAMETERS

CPD (K)		Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento
/	A	443.644583
	B	1791.222222
	C	-1886.574074
	D	0.147483
	E	-0.316111 /
PPD (L)		Coeficientes de regresion para Cenizas
/	A1	4.7570784
	B1	205.2409201
	C1	-215.5020255
	D1	0.0162198
	E1	-0.0310354 /
B (M)	REQUERIMIENTOS	
/	MINEM	0
	MINPC	0
	MINPD	.15
	MAXPD	.51
	MINFTU	0
	MAXFTU	600
	MINLIS	0
	MINARG	0
	MINMET	0
	MINMCIS	0
	MINTREO	0
	MINTRIP	0
	IGCA	1
	MINPESO	1.000
	MAXPESO	1.002
	IGSOR	.5536
	IGSOY	.3536
	IGACE	.0397
	IGHCLLIS	.0016
	IGDLMET	.0024
	MINCACO3	0
	MINORTO	0
	IGFIT	.00012
	IGSAL	.0035
	IGVIT	.0025
	IGMIN	.001
	MINAREN	0 / ;

TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	FIT	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	2.9	7.5	26	26	.6	3	260	1.2	26	8	.2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN	FIT
EM	3.288	2.23	5.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	8.2	46.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.69	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.34	3.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.65	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
MCIS	.32	1.34	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.29	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.27	0	0	0	36.58	19	0	0	0	0	0
PD	.09	.2418	0	0	0	0	16.56	0	0	0	0	0
FTU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000000
PESO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

NOB	Nivel Optimo Biologico
CEN	Cenizas
COST	Costo total de la dieta
X (J)	Cantidades de ingredientes
PDDIET	Fosforo disponible total de la dieta
FTUDIET	Fitasa total de la dieta
CONS	Consumo de alimento acumulado
CKG	Costo por kilogramo de dieta
CALIM	Consumo de alimento
PT	Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL	Precio del Kg de pollo / 8.5 / ;
------	----------------------------------

POSITIVE VARIABLES CEN, COST, X, PDDIET, FTUDIET, CONS, CKG, CALIM, PT;

PDDIET.LO=B ('MINPD');
PDDIET.UP=B ('MAXPD');
FTUDIET.LO=B ('MINFTU');
FTUDIET.UP=B ('MAXFTU');
PT.LO=1 ;
PT.UP=1.002 ;

EQUATIONS

CENIZAS	Nivel Optimo Biologico
CENI	Cenizas
COSTO	Costo de la dieta
COSTKG	Costo por kilogramo
EM	Energia metabolizable
PC	Proteina cruda
LIS	Lisina
ARG	Arginina
MET	Metionina
MCIS	Metionina mas cisteina
TREO	Treonina
TRIP	Triptofano
CA	Calcio
MINPDISP	Minimo de fosforo disponible
MAXPDISP	Maximo de fosforo disponible
PDTOT	Fosforo disponible total de la dieta
MINFIT	Minimo de fitasa
MAXFIT	Maximo de fitasa

FTUTOT	Fitasa total de la dieta
PESOMIN	Peso minimo de la dieta
PESOMAX	Peso maximo de la dieta
PESOTOT	Peso total de la dieta
SOR	Sorgo
SOY	Soya
ACE	Aceite vegetal
HCLLIS	Lisina sintetica
DLMET	Metionina sintetica
ORTO	Ortofosfato
CACO3	Carbonato de calcio
FIT	Fitasa
SAL	Sal
VIT	Premezcla vitaminica
MIN	Premezcla mineral
AREN	Arena
CONTAL	Consumo total de alimento ;

```

CENIZAS .. NOB =E= CEN ;
CENI .. PPD('A1') + PDDIET*PPD('B1') + PDDIET**2*(PPD('C1'))
+ FTUDIET*PPD('D1') + (PDDIET*FTUDIET)*PPD('E1') - CEN =E= 0 ;
COSTO .. SUM(J,P('COSTO',J)*X(J)) - COST =E= 0 ;
COSTKG .. ((COST/PT)) - CKG =E=0 ;
EM .. SUM(J,A('EM',J)*X(J)) - B('MINEM')*CALIM =G=0 ;
PC .. SUM(J,A('PC',J)*X(J)) - B('MINPC')*CALIM =G=0 ;
LIS .. SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MINLIS')*CALIM =G=0 ;
ARG .. SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G=0 ;
MET .. SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G=0 ;
MCIS .. SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMCIS')*CALIM =G=0 ;
TREO .. SUM(J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G=0 ;
TRIP .. SUM(J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G=0 ;
CA .. SUM(J,A('CA',J)*X(J)) - B('IGCA')*CALIM =E=0 ;
MINPDISP .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MINPD')*CALIM =G=0 ;
MAXPDISP .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MAXPD')*CALIM =L=0 ;
PDTOT .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - PDDIET*CALIM =E=0 ;
MINFIT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MINFTU')*CALIM =G=0 ;
MAXFIT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MAXFTU')*CALIM =L=0 ;
FTUTOT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - FTUDIET*CALIM =E=0 ;
PESOMIN .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G=0 ;
PESOMAX .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L=0 ;
PESOTOT .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E=0 ;
SOR .. X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E=0 ;
SOY .. X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E=0 ;
ACE .. X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E=0 ;
HCLLIS .. X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G=0 ;
DLMET .. X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E=0 ;
ORTO .. X('ORTO') - B('MINORTO')*CALIM =G=0 ;
CACO3 .. X('CACO3') - B('MINCACO3')*CALIM =G=0 ;
FIT .. X('FIT') - B('IGFIT')*CALIM =E=0 ;
SAL .. X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E=0 ;
VIT .. X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E=0 ;
MIN .. X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E=0 ;
AREN .. X('AREN') - B('MINAREN')*CALIM =G=0 ;
CONTAL .. CALIM =E=1 ;

```

```

MODEL MPVPD / ALL /
SOLVE MPVPD USING NLP MAXIMIZING NOB ;
DISPLAY X.L, X.M ;

```

*** Programa GAMS para calcular el NOE de Pd y fitasa para máxima US
(experimento 1)**

\$ OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF
SETS

T COSTO / COSTO /
I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, PD,
SAL, VIT, MIN, FTU, PESO /
J INGREDIENTES / SOR, SOY, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, FIT, SAL,
VIT, MIN, AREN /
K Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento / A, B, C, D, E /
L Coeficientes de regresion para Peso Vivo / A1, B1, C1, D1, E1 /
M REQUERIMIENTOS / MINEM, MINPC, MINPD, MAXPD, MINFTU, MAXFTU, MINLIS,
MINARG, MINMET, MINMCIS, MINTREO, MINTRIP, IGCA, MINPESO,
MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, MINCACO3,
MINORTO, MINFIT, IGSAL, IGVIT, IGMIN, MINAREN / ;

PARAMETERS

CPD (K)		Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento
/	A	443.644583
	B	1791.222222
	C	-1886.574074
	D	0.147483
	E	-0.316111 /
PPD (L)		Coeficientes de regresion para Peso Vivo
/	A1	-146.018333
	B1	3322.277778
	C1	-3518.518519
	D1	0.399158
	E1	-0.863611 /
B (M)	REQUERIMIENTOS	
/	MINEM	0
	MINPC	0
	MINPD	.15
	MAXPD	.51
	MINFTU	0
	MAXFTU	600
	MINLIS	0
	MINARG	0
	MINMET	0
	MINMCIS	0
	MINTREO	0
	MINTRIP	0
	IGCA	1
	MINPESO	1.0000
	MAXPESO	1.0020
	IGSOR	.5536
	IGSOY	.3536
	IGACE	.0397
	IGHCLLIS	.0016
	IGDLMET	.0024
	MINCACO3	0
	MINORTO	0
	MINFIT	0
	IGSAL	.0035
	IGVIT	.0025
	IGMIN	.0100
	MINAREN	0 / ;

TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	FIT	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	2.9	7.5	26	26	.6	3	260	1.2	26	9	.2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES												
	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN	FIT
EM	3.288	2.23	8.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	8.2	46.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.69	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.34	3.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.65	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
MCIS	.32	1.34	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.29	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.27	0	0	0	36.58	19	0	0	0	0	0
PD	.09	.2418	0	0	0	0	16.56	0	0	0	0	0
FTU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000000
PESO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

U	Utilidad del productor
PV	Peso Vivo
COST	Costo total de la dieta
X (J)	Cantidades de ingredientes
PDDIET	Fosforo disponible total de la dieta
FTUDIET	Fitasa total de la dieta
CONS	Consumo de alimento acumulado
CKG	Costo por kilogramo de dieta
CALIM	Consumo de alimento
PT	Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL	Precio del Kg de pollo / 8.5 / ;
------	----------------------------------

POSITIVE VARIABLES PV, COST, X, PDDIET, FTUDIET, CONS, CKG, CALIM, PT;

PDDIET.LO=B ('MINPD');
PDDIET.UP=B ('MAXPD');
FTUDIET.LO=B ('MINFTU');
FTUDIET.UP=B ('MAXFTU');
PT.LO=1.0000 ;
PT.UP=1.0020 ;

EQUATIONS

UTILIDAD	Utilidad del productor
CONALI	Consumo de alimento
PVIVO	Peso vivo
COSTO	Costo de la dieta
COSTKG	Costo por kilogramo
EM	Energia metabolizable
PC	Proteina cruda
LIS	Lisina
ARG	Arginina
MET	Metionina
MCIS	Metionina mas cisteina
TREO	Treonina
TRIP	Triptofano
CA	Calcio
MINPDISP	Minimo de fosforo disponible
MAXPDISP	Maximo de fosforo disponible
PDTOT	Fosforo disponible total de la dieta
MINFIT	Minimo de fitasa
MAXFIT	Maximo de fitasa

FTUTOT	Fitasa total de la dieta
PESOMIN	Peso minimo de la dieta
PESOMAX	Peso maximo de la dieta
PESOTOT	Peso total de la dieta
SOR	Sorgo
SOY	Soya
ACE	Aceite vegetal
HCLLIS	Lisina sintetica
DLMET	Metionina sintetica
ORTO	Ortofosfato
CACO3	Carbonato de calcio
FIT	Fitasa
SAL	Sal
VIT	Premezcla vitaminica
MIN	Premezcla mineral
AREN	Arena
CONTAL	Consumo total de alimento ;
UTILIDAD ..	U =E= (POLL*PV/1000) - (CKG*(CONS/1000)) ;
CONALI ..	CPD('A') + PDDIET*CPD('B') + PDDIET**2*(CPD('C')) + FTUDIET*CPD('D') + (PDDIET*FTUDIET)*CPD('E') - CONS =E= 0 ;
PVIVO ..	PPD('A1') + PDDIET*PPD('B1') + PDDIET**2*(PPD('C1')) + FTUDIET*PPD('D1') + (PDDIET*FTUDIET)*PPD('E1') - PV =E= 0 ;
COSTO ..	SUM(J,P('COSTO',J)*X(J)) - COST =E= 0 ;
COSTKG ..	((COST/PT)) - CKG =E=0 ;
EM ..	SUM(J,A('EM',J)*X(J)) - B('MINEM')*CALIM =G=0 ;
PC ..	SUM(J,A('PC',J)*X(J)) - B('MINPC')*CALIM =G=0 ;
LIS ..	SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MINLIS')*CALIM =G=0 ;
ARG ..	SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G=0 ;
MET ..	SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G=0 ;
MCIS ..	SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMCIS')*CALIM =G=0 ;
TREO ..	SUM(J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G=0 ;
TRIP ..	SUM(J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G=0 ;
CA ..	SUM(J,A('CA',J)*X(J)) - B('IGCA')*CALIM =E=0 ;
MINPDISP ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MINPD')*CALIM =G=0 ;
MAXPDISP ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MAXPD')*CALIM =L=0 ;
PDTOT ..	SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - PDDIET*CALIM =E=0 ;
MINFIT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MINFTU')*CALIM =G=0 ;
MAXFIT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MAXFTU')*CALIM =L=0 ;
FTUTOT ..	SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - FTUDIET*CALIM =E=0 ;
PESOMIN ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G=0 ;
PESOMAX ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L=0 ;
PESOTOT ..	SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E=0 ;
SOR ..	X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E=0 ;
SOY ..	X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E=0 ;
ACE ..	X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E=0 ;
HCLLIS ..	X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G=0 ;
DLMET ..	X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E=0 ;
ORTO ..	X('ORTO') - B('MINORTO')*CALIM =G=0 ;
CACO3 ..	X('CACO3') - B('MINCACO3')*CALIM =G=0 ;
FIT ..	X('FIT') - B('MINFIT')*CALIM =G=0 ;
SAL ..	X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E=0 ;
VIT ..	X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E=0 ;
MIN ..	X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E=0 ;
AREN ..	X('AREN') - B('MINAREN')*CALIM =G=0 ;
CONTAL ..	CALIM =E=1 ;
MODEL MUPDE / ALL /	
SOLVE MUPDE USING NLP MAXIMIZING U ;	
DISPLAY X.L, X.M	

*** Programa GAMS para calcular el NOB de Pd y fitasa para máximo PV (análisis global)**

S OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF

SETS

T COSTO / COSTO /
 I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, PD,
 SAL, VIT, MIN, FTU, PESO /
 J INGREDIENTES / SOR, SOY, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, FIT, SAL,
 VIT, MIN, AREN /
 K Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento / A, B, C, D /
 L Coeficientes de regresion para Peso Vivo / A1, B1, C1, D1, E1, F1 /
 M REQUERIMIENTOS / MINEM, MINPC, MINPD, MAXPD, MINFTU, MAXFTU, MINLIS,
 MINARG, MINMET, MINMCIS, MINTREO, MINTRIP, IGCA, MINPESO,
 MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, MINCACO3,
 MINORTO, MINFIT, IGSAL, IGvit, IGMIN, MINAREN / ;

PARAMETERS

CPD (K) Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento
 / A 167.461396
 B 3487.823125
 C -4202.929744
 D 0.037065 /
 PPD (L) Coeficientes de regresion para Peso Vivo
 / A1 -153.104480
 B1 3400.989458
 C1 -3765.025923
 D1 0.388202
 E1 -0.000151
 F1 -0.498174 /
 B (M) REQUERIMIENTOS
 / MINEM 0
 MINPC 0
 MINPD .15
 MAXPD .51
 MINFTU 0
 MAXFTU 1200
 MINLIS 0
 MINARG 0
 MINMET 0
 MINMCIS 0
 MINTREO 0
 MINTRIP 0
 IGCA 1
 MINPESO 1.000
 MAXPESO 1.002
 IGSOR .5536
 IGSOY .3536
 IGACE .0397
 IGHCLLIS .0016
 IGDLMET .0024
 MINCACO3 0
 MINORTO 0
 MINFIT 0
 IGSAL .0035
 IGvit .0025
 IGMIN .001
 MINAREN 0 / ;

TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	FIT	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	2.9	7.5	26	26	.6	3	260	1.2	26	8	.2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN	FIT
EM	3.288	2.23	8.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	8.2	46.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.69	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.34	3.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.65	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
MCIS	.32	1.34	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.29	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.27	0	0	0	36.58	19	0	0	0	0	0
PD	.09	.2418	0	0	0	0	16.56	0	0	0	0	0
FTU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000000
PESO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

NOB	Nivel Optimo Biologico
PV	Peso Vivo
COST	Costo total de la dieta
X (J)	Cantidades de ingredientes
PDDIET	Fosforo disponible total de la dieta
FTUDIET	Fitasa total de la dieta
CONS	Consumo de alimento acumulado
CKG	Costo por kilogramo de dieta
CALIM	Consumo de alimento
PT	Peso total de la dieta ;
SCALAR	
POLL	Precio del Kg de pollo / 8.5 / ;

POSITIVE VARIABLES PV, COST, X, PDDIET, FTUDIET, CONS, CKG, CALIM, PT;

PDDIET.LO=B ('MINPD');
 PDDIET.UP=B ('MAXPD');
 FTUDIET.LO=B ('MINFTU');
 FTUDIET.UP=B ('MAXFTU');
 PT.LO=1 ;
 PT.UP=1.002 ;

EQUATIONS

PESOVIVO	Nivel Optimo Biologico
PVIVO	Peso vivo
COSTO	Costo de la dieta
COSTKG	Costo por kilogramo
EM	Energia metabolizable
PC	Proteina cruda
LIS	Lisina
ARG	Arginina
MET	Metionina
MCIS	Metionina mas cisteina
TREO	Treonina
TRIP	Triptofano
CA	Calcio
MINPDISP	Minimo de fosforo disponible
MAXPDISP	Maximo de fosforo disponible
PDTOT	Fosforo disponible total de la dieta
MINFIT	Minimo de fitasa
MAXFIT	Maximo de fitasa
FTUTOT	Fitasa total de la dieta
PESOMIN	Peso minimo de la dieta

PESOMAX	Peso maximo de la dieta
PESOTOT	Peso total de la dieta
SOR	Sorgo
SOY	Soya
ACE	Aceite vegetal
HCLLIS	Lisina sintetica
DLMET	Metionina sintetica
ORTO	Ortofosfato
CACO3	Carbonato de calcio
FIT	Fitasa
SAL	Sal
VIT	Premezcla vitaminica
MIN	Premezcla mineral
AREN	Arena
CONTAL	Consumo total de alimento ;

```

PESOVIVO .. NOB =E= PV ;
PVIVO .. PPD('A1') + PDDIET*PPD('B1') + PDDIET**2*PPD('C1') +
          FTUDIET*PPD('D1') + FTUDIET**2*PPD('E1') +
          (PDDIET*FTUDIET)*PPD('F1') - PV =E= 0 ;
COSTO .. SUM(J,P('COSTO',J)*X(J)) - COST =E= 0 ;
COSTKG .. ((COST/PT)) - CKG =E=0 ;
EM .. SUM(J,A('EM',J)*X(J)) - B('MINEM')*CALIM =G=0 ;
PC .. SUM(J,A('PC',J)*X(J)) - B('MINPC')*CALIM =G=0 ;
LIS .. SUM(J,A('LIS',J)*X(J)) - B('MINLIS')*CALIM =G=0 ;
ARG .. SUM(J,A('ARG',J)*X(J)) - B('MINARG')*CALIM =G=0 ;
MET .. SUM(J,A('MET',J)*X(J)) - B('MINMET')*CALIM =G=0 ;
MCIS .. SUM(J,A('MCIS',J)*X(J)) - B('MINMCIS')*CALIM =G=0 ;
TREO .. SUM(J,A('TREO',J)*X(J)) - B('MINTREO')*CALIM =G=0 ;
TRIP .. SUM(J,A('TRIP',J)*X(J)) - B('MINTRIP')*CALIM =G=0 ;
CA .. SUM(J,A('CA',J)*X(J)) - B('IGCA')*CALIM =E=0 ;
MINPDISP .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MINPD')*CALIM =G=0 ;
MAXPDISP .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - B('MAXPD')*CALIM =L=0 ;
PDTOT .. SUM(J,A('PD',J)*X(J)) - PDDIET*CALIM =E=0 ;
MINFIT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MINFTU')*CALIM =G=0 ;
MAXFIT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - B('MAXFTU')*CALIM =L=0 ;
FTUTOT .. SUM(J,A('FTU',J)*X(J)) - FTUDIET*CALIM =E=0 ;
PESOMIN .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MINPESO')*CALIM =G=0 ;
PESOMAX .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - B('MAXPESO')*CALIM =L=0 ;
PESOTOT .. SUM(J,A('PESO',J)*X(J)) - PT =E=0 ;
SOR .. X('SOR') - B('IGSOR')*CALIM =E=0 ;
SOY .. X('SOY') - B('IGSOY')*CALIM =E=0 ;
ACE .. X('ACE') - B('IGACE')*CALIM =E=0 ;
HCLLIS .. X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS')*CALIM =G=0 ;
DLMET .. X('DLMET') - B('IGDLMET')*CALIM =E=0 ;
ORTO .. X('ORTO') - B('MINORTO')*CALIM =G=0 ;
CACO3 .. X('CACO3') - B('MINCACO3')*CALIM =G=0 ;
FIT .. X('FIT') - B('MINFIT')*CALIM =G=0 ;
SAL .. X('SAL') - B('IGSAL')*CALIM =E=0 ;
VIT .. X('VIT') - B('IGVIT')*CALIM =E=0 ;
MIN .. X('MIN') - B('IGMIN')*CALIM =E=0 ;
AREN .. X('AREN') - B('MINAREN')*CALIM =G=0 ;
CONTAL .. CALIM =E=1 ;

```

```

MODEL MPVPD / ALL /
SOLVE MPVPD USING NLP MAXIMIZING NOB ;
DISPLAY X.L, X.M ;

```

*** Programa GAMS para estimar el NOE de Pd y fitasa para máxima US (análisis global)**

\$ OFFSYMXREF OFFSYMLIST OFFUELLIST OFFUELXREF

SETS

T COSTO / COSTO /
 I NUTRIMENTOS / EM, PC, LIS, ARG, MET, MCIS, TREO, TRIP, CA, PD,
 SAL, VIT, MIN, FTU, PESO /
 J INGREDIENTES / SOR, SOY, ACE, HCLLIS, DLMET, CACO3, ORTO, FIT, SAL,
 VIT, MIN, AREN /
 K Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento / A, B, C, D /
 L Coeficientes de regresion para Peso Vivo / A1, B1, C1, D1, E1, F1 /
 M REQUERIMIENTOS / MINEM, MINPC, MINPD, MAXPD, MINFTU, MAXFTU, MINLIS,
 MINARG, MINMET, MINMCIS, MINTREO, MINTRIP, IGCA, MINPESO,
 MAXPESO, IGSOR, IGSOY, IGACE, IGHCLLIS, IGDLMET, MINCACO3,
 MINORTO, MINFIT, IGSAL, IGVIT, IGMIN, MINAREN / ;

PARAMETERS

CPD (K)		Coeficientes de regresion para Consumo de Alimento
/	A	167.461396
	B	3487.823125
	C	-4202.929744
	D	0.037065 /
PPD (L)		Coeficientes de regresion para Peso Vivo
/	A1	-153.104480
	B1	3400.989458
	C1	-3756.025923
	D1	0.388202
	E1	-0.000151
	F1	-0.498174 /
B (M)	REQUERIMIENTOS	
/	MINEM	0
	MINPC	0
	MINPD	.15
	MAXPD	.51
	MINFTU	0
	MAXFTU	1200
	MINLIS	0
	MINARG	0
	MINMET	0
	MINMCIS	0
	MINTREO	0
	MINTRIP	0
	IGCA	1
	MINPESO	1.000
	MAXPESO	1.002
	IGSOR	.5536
	IGSOY	.3536
	IGACE	.0397
	IGHCLLIS	.0016
	IGDLMET	.0024
	MINCACO3	0
	MINORTO	0
	MINFIT	0
	IGSAL	.0035
	IGVIT	.0025
	IGMIN	.001
	MINAREN	0 / ;

TABLE P(T,J) COSTO DE INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	FIT	SAL	VIT	MIN	AREN
COSTO	1.6	2.9	7.5	26	26	.6	3	260	1.2	26	8	.2

TABLE A(I,J) CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DE LOS INGREDIENTES

	SOR	SOY	ACE	HCLLIS	DLMET	CACO3	ORTO	SAL	VIT	MIN	AREN	FIT
EM	3.288	2.23	8.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	8.2	46.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIS	.21	2.69	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0
ARG	.34	3.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MET	.16	.65	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
MCIS	.32	1.34	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0
TREO	.29	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRIP	.1	.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CA	.04	.27	0	0	0	36.58	19	0	0	0	0	0
PD	.09	.2418	0	0	0	0	16.56	0	0	0	0	5000000
FTU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PESO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

VARIABLES

U Utilidad del productor
 PV Peso Vivo
 COST Costo total de la dieta
 X (J) Cantidades de ingredientes
 PDDIET Fosforo disponible total de la dieta
 FTUDIET Fitasa total de la dieta
 CONS Consumo de alimento acumulado
 CKG Costo por kilogramo de dieta
 CALIM Consumo de alimento
 PT Peso total de la dieta ;

SCALAR

POLL Precio del Kg de pollo / 8.5 / ;

POSITIVE VARIABLES

PV, COST, X, PDDIET, FTUDIET, CONS, CKG, CALIM, PT;
 PDDIET.LO=B ('MINPD');
 PDDIET.UP=B ('MAXPD');
 FTUDIET.LO=B ('MINFTU');
 FTUDIET.UP=B ('MAXFTU');
 PT.LO=1 ;
 PT.UP=1.002 ;

EQUATIONS

UTILIDAD Utilidad del productor
 CONALI Consumo de alimento
 PVIVO Peso vivo
 COSTO Costo de la dieta
 COSTKG Costo por kilogramo
 EM Energia metabolizable
 PC Proteina cruda
 LIS Lisina
 ARG Arginina
 MET Metionina
 MCIS Metionina mas cisteina
 TREO Treonina
 TRIP Triptofano
 CA Calcio
 MINPDISP Minimo de fosforo disponible
 MAXPDISP Maximo de fosforo disponible
 PDTOT Fosforo disponible total de la dieta
 MINFIT Minimo de fitasa
 MAXFIT Maximo de fitasa
 FTUTOT Fitasa total de la dieta
 PESOMIN Peso minimo de la dieta

PESOMAX	Peso maximo de la dieta
PESOTOT	Peso total de la dieta
SOR	Sorgo
SOY	Soya
ACE	Aceite vegetal
HCLLIS	Lisina sintetica
DLMET	Metionina sintetica
ORTO	Ortofosfato
CACO3	Carbonato de calcio
FIT	Fitasa
SAL	Sal
VIT	Premezcla vitaminica
MIN	Premezcla mineral
AREN	Arena
CONTAL	Consumo total de alimento ;
UTILIDAD ..	$U = E = (POLL * PV / 1000) - (CKG * (CONS / 1000)) ;$
CONALI ..	$CPD('A') + PDDIET * CPD('B') + PDDIET * 2 * (CPD('C'))$ $+ FTUDIET * CPD('D') - CONS = E = 0 ;$
PVIVO ..	$PPD('A1') + PDDIET * PPD('B1') + PDDIET * 2 * (PPD('C1'))$ $+ FTUDIET * PPD('D1') + (FTUDIET * FTUDIET) * PPD('E1')$ $+ (PDDIET * FTUDIET) * PPD('F1') - PV = E = 0 ;$
COSTO ..	$SUM(J, P('COSTO', J) * X(J)) - COST = E = 0 ;$
COSTKG ..	$((COST / PT)) - CKG = E = 0 ;$
EM ..	$SUM(J, A('EM', J) * X(J)) - B('MINEM') * CALIM = G = 0 ;$
PC ..	$SUM(J, A('PC', J) * X(J)) - B('MINPC') * CALIM = G = 0 ;$
LIS ..	$SUM(J, A('LIS', J) * X(J)) - B('MINLIS') * CALIM = G = 0 ;$
ARG ..	$SUM(J, A('ARG', J) * X(J)) - B('MINARG') * CALIM = G = 0 ;$
MET ..	$SUM(J, A('MET', J) * X(J)) - B('MINMET') * CALIM = G = 0 ;$
MCIS ..	$SUM(J, A('MCIS', J) * X(J)) - B('MINMCIS') * CALIM = G = 0 ;$
TREO ..	$SUM(J, A('TREO', J) * X(J)) - B('MINTREO') * CALIM = G = 0 ;$
TRIP ..	$SUM(J, A('TRIP', J) * X(J)) - B('MINTRIP') * CALIM = G = 0 ;$
CA ..	$SUM(J, A('CA', J) * X(J)) - B('IGCA') * CALIM = E = 0 ;$
MINPDISP ..	$SUM(J, A('PD', J) * X(J)) - B('MINPD') * CALIM = G = 0 ;$
MAXPDISP ..	$SUM(J, A('PD', J) * X(J)) - B('MAXPD') * CALIM = L = 0 ;$
PDTOT ..	$SUM(J, A('PD', J) * X(J)) - PDDIET * CALIM = E = 0 ;$
MINFIT ..	$SUM(J, A('FTU', J) * X(J)) - B('MINFTU') * CALIM = G = 0 ;$
MAXFIT ..	$SUM(J, A('FTU', J) * X(J)) - B('MAXFTU') * CALIM = L = 0 ;$
FTUTOT ..	$SUM(J, A('FTU', J) * X(J)) - FTUDIET * CALIM = E = 0 ;$
PESOMIN ..	$SUM(J, A('PESO', J) * X(J)) - B('MINPESO') * CALIM = G = 0 ;$
PESOMAX ..	$SUM(J, A('PESO', J) * X(J)) - B('MAXPESO') * CALIM = L = 0 ;$
PESOTOT ..	$SUM(J, A('PESO', J) * X(J)) - PT = E = 0 ;$
SOR ..	$X('SOR') - B('IGSOR') * CALIM = E = 0 ;$
SOY ..	$X('SOY') - B('IGSOY') * CALIM = E = 0 ;$
ACE ..	$X('ACE') - B('IGACE') * CALIM = E = 0 ;$
HCLLIS ..	$X('HCLLIS') - B('IGHCLLIS') * CALIM = G = 0 ;$
DLMET ..	$X('DLMET') - B('IGDLMET') * CALIM = E = 0 ;$
ORTO ..	$X('ORTO') - B('MINORTO') * CALIM = G = 0 ;$
CACO3 ..	$X('CACO3') - B('MINCACO3') * CALIM = G = 0 ;$
FIT ..	$X('FIT') - B('MINFIT') * CALIM = G = 0 ;$
SAL ..	$X('SAL') - B('IGSAL') * CALIM = E = 0 ;$
VIT ..	$X('VIT') - B('IGVIT') * CALIM = E = 0 ;$
MIN ..	$X('MIN') - B('IGMIN') * CALIM = E = 0 ;$
AREN ..	$X('AREN') - B('MINAREN') * CALIM = G = 0 ;$
CONTAL ..	$CALIM = E = 1 ;$

MODEL MUPDE / ALL /
SOLVE MUPDE USING NLP MAXIMIZING U ;
DISPLAY X.L, X.M ;

DIETA INICIACIÓN 1-21 DÍAS PARA POLLOS DE ENGORDA (1 Kg).
 MODELO DE P.N.L. DETERMINÍSTICO, PARA MÁXIMO PV (NOB).
 NOB.XLS
 SOLVER DE EXCEL.

	SORGO (UA=1Kg)	SOYA (UA=1Kg)	ACEITE (UA=1Kg)	MET (UA=1Kg)	LIS (UA=1Kg)	TREO (UA=1Kg)	TRIP (UA=1Kg)	CaCO3 (UA=1Kg)	ORTO (UA=1Kg)	FITASA (UA=1Kg)	SAL (UA=1Kg)	MIN (UA=1Kg)	VIT (UA=1Kg)	ARENA (UA=1Kg)	NIVEL ÓPTIMO	RHS DIETA
Función Objetivo															662.1681158	
PESO VIVO															870.7600284	
Restricciones															3.382487123	
CONSUMO															2.4817	0
UTILIDAD															2.9650	0
COSTO (\$)	1.8000	2.9000	7.5000	28.0000	28.0000	36.0000	38.0000	0.8000	3.0000	280.0000	1.2000	8.0000	28.0000	0.2000	21.0006	0
MINEM (Mcal/Kg)	3.2880	2.2300	8.9500												1.3493	0
MINPC (%)	8.2000	48.5000													1.1933	0
MINARO (%)	0.3400	3.2800													0.5539	0
MINLIS (%)	0.2100	2.8600			78.0000										0.8867	0
MINMET (%)	0.1800	0.6500		98.0000											0.8013	0
MINM+C (%)	0.3200	1.3400		98.0000											0.2748	0
MINTREO (%)	0.2900	1.8100				98.0000									1.0000	1
MINTRIP (%)	0.1000	0.6200					98.0000								0.3985	0.15
MINCa (%)	0.0400	0.2700						38.5800	19.0000						0.3985	0.51
MINPd (%)	0.0600	0.2418							18.5800						800.0000	0
MAXPd (%)	0.0600	0.2418							18.5800						600.0000	600
MINFTU										5000000					0.5538	0.5538
MAXFTU										5000000					0.3540	0.354
IGSorgo	1.0000														0.0397	0.0397
IGSoya		1.0000													0.0018	0.0018
IGAceite			1.0000												0.0024	0.0024
IGLeleina					1.0000										0.0159	0
IGMetionina				1.0000											0.0159	0
MINCaCO3								1.0000							0.0001	0.00012
MINORTO									1.0000						0.0098	0
IGFITASA										1.0000					0.0035	0.0035
MINARENA														1.0000	0.0010	0.001
IGSAL											1.0000				0.0025	0.0025
IGMIN												1.0000			1.0000	1
IGVIT													1.0000		1.0000	1.002
MINPEBO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
MAXPEBO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
ASIG.	SORGO	SOYA	ACEITE	MET	LIS	TREO	TRIP	CaCO3	ORTO	FITASA	SAL	MIN	VIT	ARENA		
	0.553900	0.354001	0.039700	0.002400	0.001800	0.000000	0.000000	0.015888	0.015885	0.0001200	0.003500	0.001000	0.002500	0.009826	1.000000	

ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS
 DE REGRESIÓN PARA:
 CONSUMO DE ALIMENTO:
 443.644583
 1791.222222
 -1886.574074
 0.147483
 -0.318111

PESO VIVO:
 -148.018333
 3322.277778
 -3518.518519
 0.398158
 -0.863611

Máximo Peso Vivo (g).....	662.1681158
Consumo de alimento (g).....	870.7600284
Utilidad (\$).....	3.382487123
NOB de Pd (%).....	0.3985
NOB de Fitasa (FTU/kg).....	600.0000
Precio de la Dieta (\$/kg).....	2.4817

DIETA INICIACIÓN 1-21 DÍAS PARA POLLOS DE ENGORDA (1 Kg).
 MODELO DE P.N.L. DETERMINÍSTICO, PARA MÁXIMO % CEN (NOB).
 NOBcen.XLS
 SOLVER DE EXCEL.

	SORGO (UA=1Kg)	SOYA (UA=1Kg)	ACEITE (UA=1Kg)	MET (UA=1Kg)	LIS (UA=1Kg)	TREO (UA=1Kg)	TRIP (UA=1Kg)	CaCO3 (UA=1Kg)	ORTO (UA=1Kg)	FITASA (UA=1Kg)	SAL (UA=1Kg)	MIN (UA=1Kg)	VIT (UA=1Kg)	ARENA (UA=1Kg)	NIVEL ÓPTIMO	RHS DIETA
Función Objetivo																
CENIZAS															64.89102068	
Restricciones																
COSTO (\$)	1.8000	2.9000	7.5000	28.0000	28.0000	36.0000	38.0000	0.8000	3.0000	280.0000	1.2000	8.0000	28.0000	0.2000	2.4871	0
MINEM (Mcal/Kg)	3.2880	2.2300	8.9500												2.9650	0
MINPC (%)	8.2000	46.5000													21.0008	0
MINARG (%)	0.3400	3.2800													1.3493	0
MINLIS (%)	0.2100	2.8900			78.0000										1.1933	0
MINMET (%)	0.1800	0.8500		98.0000											0.5539	0
MINM+C (%)	0.3200	1.3400		98.0000											0.8867	0
MINTREO (%)	0.2900	1.8100				98.0000									0.8013	0
MINTRIP (%)	0.1000	0.8200					98.0000								0.2748	0
MINCa (%)	0.0400	0.2700						36.5800	19.0000						1.0000	1
MINPd (%)	0.0900	0.2418							18.5600						0.4330	0.15
MAXPd (%)	0.0900	0.2418							18.5600						0.4330	0.51
MINFTU										5000000					600.0000	0
MAXFTU										5000000					600.0000	600
IGSorgo	1.0000														0.5538	0.5538
IGSoya		1.0000													0.3540	0.354
IGAceite			1.0000												0.0397	0.0397
IGLisina					1.0000										0.0018	0.0018
IGMetionina				1.0000											0.0024	0.0024
MINCaCO3								1.0000							0.0148	0
MINORTO									1.0000						0.0180	0
IGFITASA										1.0000					0.0001	0.00012
MINARENA														1.0000	0.0088	0
IGSAL											1.0000				0.0035	0.0035
IGMIN												1.0000			0.0010	0.001
IGVIT													1.0000		0.0025	0.0025
MINPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
MAXPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.002
ASIG.	0.553600	0.354001	0.039700	0.002400	0.001800	0.000000	0.000000	0.014788	0.017969	0.0001200	0.003500	0.001000	0.002500	0.008824	1.000000	

ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS
 DE REGRESIÓN PARA:

CONSUMO DE ALIMENTO:

PESO VIVO:
 4.7570784
 205.2409201
 -215.5020256
 0.0162198
 -0.0310354

Máximo % Cenizas	64.89102
NOB de Pd (%).....	0.4330
NOB de Fitasa (FTU/kg).....	600.0000
Precio de la Dieta (\$/kg).....	2.4871

DIETA INICIACIÓN 1-21 DÍAS PARA POLLOS DE ENGORDA (1 Kg).
 MODELO DE P.N.L. DETERMINÍSTICO, PARA MÁXIMA U \$ (NOE).
 NOE.XLS
 SOLVER DE EXCEL.

	BORGO (UA=1Kg)	SOYA (UA=1Kg)	ACEITE (UA=1Kg)	MET (UA=1Kg)	LIS (UA=1Kg)	TREO (UA=1Kg)	TRIP (UA=1Kg)	CaCO3 (UA=1Kg)	ORTO (UA=1Kg)	FITASA (UA=1Kg)	SAL (UA=1Kg)	MIN (UA=1Kg)	VIT (UA=1Kg)	ARENA (UA=1Kg)	NIVEL ÓPTIMO	RHS DIETA
FO																
UTILIDAD															3.383913849	
Restricciones																
PESO VIVO															651.9676195	0
CONSUMO															869.9172564	0
COSTO (\$)	1.8000	2.9000	7.5000	28.0000	28.0000	38.0000	38.0000	0.8000	3.0000	280.0000	1.2000	8.0000	28.0000	0.2000	2.4805	0
MINEM (Mcal/Kg)	3.2880	2.2300	8.9500												2.9850	0
MINPC (%)	8.2000	48.5000													21.0008	0
MINARG (%)	0.3400	3.2800													1.3493	0
MINLIS (%)	0.2100	2.6900			78.0000										1.1933	0
MINMET (%)	0.1800	0.8500		98.0000											0.5539	0
MINM+C (%)	0.3200	1.3400		98.0000											0.8867	0
MINTRIO (%)	0.2900	1.8100				98.0000									0.8013	0
MINTRIP (%)	0.1000	0.8200					98.0000								0.2748	0
MINCa (%)	0.0400	0.2700						38.5800	18.0000						1.0000	1
MINPd (%)	0.0900	0.2418							18.5800						0.3910	0.15
MAXPd (%)	0.0900	0.2418							18.5800						0.3910	0.51
MINFTU										5000000					600.0000	0
MAXFTU										5000000					600.0000	600
IGSorgo	1.0000														0.5538	0.5538
IGSoya		1.0000													0.3540	0.354
IGAceite			1.0000												0.0397	0.0397
IGLeina					1.0000										0.0016	0.0016
IGMetionina				1.0000											0.0024	0.0024
MINCaCO3								1.0000							0.0181	0
MINORTO									1.0000						0.0184	0
IGFITASA										1.0000					0.0001	0.00012
MINARENA														1.0000	0.0100	0
IGSAL											1.0000				0.0035	0.0035
IGMIN												1.0000			0.0010	0.001
IGVIT													1.0000		0.0025	0.0025
MINPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
MAXPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.002
ASIG.																
	0.553800	0.354001	0.039700	0.002400	0.001800	0.000000	0.000000	0.018104	0.015432	0.0001200	0.003500	0.001000	0.002500	0.010044	1.000000	

ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS DE REGRESIÓN PARA:

CONSUMO DE ALIMENTO:

443.844583
 1791.222222
 -1888.574074
 0.147483
 -0.318111

PESO VIVO:

-148.018333
 3322.277778
 -3518.518519
 0.399158
 -0.883811

PRECIO DEL POLLO (\$/Kg) 1.8

Máxima Utilidad (\$/kg).....	3.383914
Consumo estimado (g).....	869.9173
Peso Vivo estimado (g).....	651.9676
NOE de Pd (%).....	0.3910
NOE de Fitasa (FTU/kg).....	600.0000
Precio de la Dieta (\$/kg).....	2.4805

DIETA INICIACIÓN 1-21 DÍAS PARA POLLOS DE ENGORDA (1 Kg).
 MODELO DE P.N.L. DETERMINÍSTICO, PARA MÁXIMO PV (NOB).
 NOB1.XLS
 SOLVER DE EXCEL.

	SORGO (UA=1Kg)	SOYA (UA=1Kg)	ACEITE (UA=1Kg)	MET (UA=1Kg)	LIS (UA=1Kg)	TREO (UA=1Kg)	TRIP (UA=1Kg)	CaCO3 (UA=1Kg)	ORTO (UA=1Kg)	FITASA (UA=1Kg)	SAL (UA=1Kg)	MIN (UA=1Kg)	VIT (UA=1Kg)	ARENA (UA=1Kg)	NIVEL ÓPTIMO	RHS DIETA
Función Objetivo															864.4310576	
PESO VIVO															913.4931496	
Restricciones															3.378337109	
CONSUMO															2.4842	0
UTILIDAD															2.9650	0
COSTO (\$)	1.6000	2.9000	7.5000	26.0000	26.0000	36.0000	36.0000	0.6000	3.0000	260.0000	1.2000	8.0000	26.0000	0.2000	21.0006	0
MINEM (Mcal/Kg)	3.2880	2.2300	8.9500												1.3463	0
MINPC (%)	8.2000	46.5000													1.1933	0
MINARG (%)	0.3400	3.2800													0.5539	0
MINLIS (%)	0.2100	2.6900			78.0000										0.8867	0
MINMET (%)	0.1600	0.6500		98.0000											0.6013	0
MINM+C (%)	0.3200	1.3400		98.0000											0.2748	0
MINTREO (%)	0.2900	1.8100				98.0000									1.0000	1
MINTRIP (%)	0.1000	0.6200					98.0000								0.4115	0.15
MINCa (%)	0.0400	0.2700						36.5800	19.0000						0.4115	0.51
MINPd (%)	0.0900	0.2418						16.5800	16.5800						606.5934	0
MAXPd (%)	0.0900	0.2418						16.5800	16.5800						606.5934	1200
MINFTU										5000000					0.5536	0.5536
MAXFTU										5000000					0.3540	0.354
IGSorgo	1.0000														0.0397	0.0397
IGSoya		1.0000													0.0016	0.0016
IGAceite			1.0000												0.0024	0.0024
IGLeina					1.0000										0.0155	0
IGMetionina				1.0000											0.0187	0
MINCaCO3								1.0000							0.0001	0
MINORTO									1.0000						0.0104	0
MINFITASA										1.0000					0.0035	0.0035
MINARENA														1.0000	0.0010	0.001
IGSAL											1.0000				0.0025	0.0025
IGMIN												1.0000			1.0010	1
IGVIT													1.0000		1.0010	1.002
MINPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
MAXPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		
ASIG.	SORGO	SOYA	ACEITE	MET	LIS	TREO	TRIP	CaCO3	ORTO	FITASA	SAL	MIN	VIT	ARENA		
	0.553600	0.354001	0.039700	0.002400	0.001800	0.000000	0.000000	0.015459	0.016673	0.0001213	0.003500	0.001000	0.002500	0.010400	1.000954	

ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS
 DE REGRESIÓN PARA:
 CONSUMO DE ALIMENTO:

167.481396
 3487.823125
 -4202.929744
 0.037085

PESO VIVO:
 -153.10448
 3400.989458
 -3785.025923
 0.368202
 -0.000151
 -0.498174

Máximo Peso Vivo (g).....	664.4310576
Consumo estimado (g).....	913.4931496
Utilidad (\$/kg).....	3.378337109
NOB de Pd (%).....	0.4115
NOB de Fitasa (FTU/kg).....	606.5934
Precio de la Dieta (\$/kg).....	2.4842

DIETA INICIACIÓN 1-21 DÍAS PARA POLLOS DE ENGORDA (1 Kg).
 MODELO DE P.N.L. DETERMINÍSTICO, PARA MÁXIMA U \$ (NOE).
 NOE1.XLS
 SOLVER DE EXCEL.

	SORGO (UA=1Kg)	SOYA (UA=1Kg)	ACEITE (UA=1Kg)	MET (UA=1Kg)	LIS (UA=1Kg)	TREO (UA=1Kg)	TRIP (UA=1Kg)	CaCO3 (UA=1Kg)	ORTO (UA=1Kg)	FITASA (UA=1Kg)	SAL (UA=1Kg)	MIN (UA=1Kg)	VIT (UA=1Kg)	ARENA (UA=1Kg)	NIVEL ÓPTIMO	RHS DIETA
FO															3.382301412	
UTILIDAD																
Restricciones																
PESO VIVO															663.964832	0
CONSUMO															911.4604855	0
COSTO (\$)	1.6000	2.9000	7.5000	26.0000	26.0000	36.0000	36.0000	0.6000	3.0000	260.0000	1.2000	8.0000	26.0000	0.2000	2.4813	0
MINEM (Mcal/Kg)	3.2880	2.2300	8.9500												2.9650	0
MINPG (%)	8.2000	46.5000													21.0006	0
MINARG (%)	0.3400	3.2800													1.3493	0
MINLIS (%)	0.2100	2.8900			78.0000										1.1933	0
MINMET (%)	0.1600	0.8500		98.0000											0.5639	0
MINM+C (%)	0.3200	1.3400		98.0000											0.8867	0
MINTREO (%)	0.2900	1.8100				98.0000									0.8013	0
MINTRIP (%)	0.1000	0.6200					98.0000								0.2748	0
MINCa (%)	0.0400	0.2700						36.5800	19.0000						1.0000	1
MINPd (%)	0.0900	0.2418							16.5600						0.4121	0.15
MAXPd (%)	0.0900	0.2418							16.5600						0.4121	0.51
MINFTU										5000000					551.3417	0
MAXFTU										5000000					551.3417	1200
IGSorgo	1.0000														0.5536	0.5536
IGSoya		1.0000													0.3540	0.354
IGAceite			1.0000												0.0397	0.0397
IGLisina					1.0000										0.0016	0.0016
IGMetionina				1.0000											0.0024	0.0024
MINCaCO3								1.0000							0.0154	0
MINORTO									1.0000						0.0167	0
MINFITASA										1.0000					0.0001	0
MINARENA														1.0000	0.0094	0
IGSAL											1.0000				0.0035	0.0035
IGMIN												1.0000			0.0010	0.001
IGVIT													1.0000		0.0025	0.0025
MINPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
MAXPESO (Kg)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.002
ASId.	SORGO	SOYA	ACEITE	MET	LIS	TREO	TRIP	CaCO3	ORTO	FITASA	SAL	MIN	VIT	ARENA		
	0.553600	0.354001	0.039700	0.002400	0.001600	0.000000	0.000000	0.015441	0.016708	0.0001103	0.003500	0.001000	0.002500	0.009440	1.000000	

ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS DE REGRESIÓN PARA:

CONSUMO DE ALIMENTO:

167.481396
 3487.823125
 -4202.829744
 0.037065

PESO VIVO:

-153.10448
 3400.889458
 -3765.025923
 0.388202
 -0.000151
 -0.498174

PRECIO DEL POLLO (\$/Kg): 8.5

Máxima Utilidad (\$/kg).....	3.382301
Consumo estimado (g).....	911.4606
Peso Vivo estimado (g).....	663.9848
NOE de Pd (%).....	0.4121
NOE de Fitasa (FTU/kg).....	551.3417
Precio de la Dieta (\$/kg).....	2.4813

Anexo 14.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE NATUPHOS® DE BASF.

NATUPHOS® 5000 Fitasa en Polvo.

Ingrediente activo: Mio-inositol hexafosfato fosfohidrolasa.

Número de producto: EWY 2 061011/1-87

Especificación: Actividad de fitasa mínimo 5000 FTU/g.

 Pérdidas en secado máximo 8.5% (4 h/105°C)

Apariencia: Polvo fino color amarillo-marrón.

Densidad: ca. 0.35 g/cm³

Tamaño de partícula: mínimo 95% < 0.63 mm.

Vehículo: salvado de trigo.

NATUPHOS® 5000 L Fitasa líquida.

Ingrediente activo: Mio-inositol hexafosfato fosfohidrolasa.

Número de producto: EWY 2 085632/1-29

Especificación: Actividad de fitasa mínimo 5000 FTU/g.

 Pérdidas en secado ca. 8.5% (4 h/105°C)

Apariencia: Líquido color amarillo-marrón.

Densidad: ca. 1.2 g/cm³ (20°C)

PH: 4.0

Punto de congelación: -12 a -15 °C

Vehículo: salvado de trigo.

