

**Formulación de una dieta de mínimo costo
por medio de sustitución de ingredientes
tradicionales en aves ponedoras Hy-line
Brown, Unidad Avícola, Zamorano.**

Eduardo Antonio Saldaña Robleto

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

Formulación de una dieta de mínimo costo por medio de sustitución de ingredientes tradicionales en aves ponedoras Hy-line Brown, Unidad Avícola, Zamorano.

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero en Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Eduardo Antonio Saldaña Robleto

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2013

Formulación de una dieta de mínimo costo por medio de sustitución de ingredientes tradicionales en aves ponedoras Hy-line Brown, Unidad Avícola, Zamorano.

Presentado por:

Eduardo Antonio Saldaña Robleto

Aprobado:

Wolfgang Pejuán, MSc.
Asesor principal

Ernesto Gallo, MSc., MBA.
Director
Departamento de Administración de
Agronegocios

Gerardo Murillo, Ing.Agr
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Formulación de una dieta de mínimo costo por medio de sustitución de ingredientes tradicionales en aves ponedoras Hy-line Brown, Unidad Avícola Zamorano.

Eduardo Antonio Saldaña Robleto

Resumen: Bajar los costos de alimentación en aves ponedoras brinda una mayor competitividad al productor debido a que la alimentación representa el 80% de los costos de producción. El objetivo del estudio fue determinar una dieta no tradicional económicamente óptima para aves ponedoras Hy-line Brown mediante el uso de ingredientes sustitutos (locales) que cumplan con los requerimientos nutricionales. Debido a la necesidad de optimizar el uso de ingredientes de la dieta, se creó un modelo de programación lineal utilizando el programa Solver. Solver encuentra la combinación de ingredientes que minimizan el costo de la dieta utilizando insumos no tradicionales, generando un ahorro económico considerable con respecto a costos de la dieta tradicional. El costo de la dieta no tradicional obtenida es 5.2% más baja que la tradicional. El punto de equilibrio de la dieta no tradicional que hace ésta igual de rentable a la dieta tradicional es de 931,969 huevos, indicando que se puede reducir el promedio de postura de huevos de un galpón de 2,640 aves en 18,031huevos/ciclo. Adicionalmente, se creó una plantilla fácil y amigable para la formulación de dietas para la Unidad Avícola Zamorano la cual se puede destinar a la producción y a la enseñanza. Finalmente, se creó una plantilla en Excel que utiliza la estructura de un presupuesto parcial que insta a la Unidad Avícola Zamorano a probar la dieta no tradicional en un galpón de producción para comprobar si el cambio es rentable.

Palabras clave: Dieta no tradicional, presupuesto parcial, Solver.

Abstract: Lowering the feeding cost in laying birds allows the producer to be more competitive because feeding costs accounts for 80% of production costs. The aim of the study was to determine an optimal nontraditional diet for Hy -line Brown laying hens by using substitute ingredients (local) that meet nutritional requirements. Because of the need to optimize the use of dietary ingredients, a linear programming model was created using Solver in Excel. Solver found the combination of ingredients that minimize the cost of the diet using nontraditional inputs, generating considerable cost savings over traditional diet costs. The cost of the non-traditional diet obtained is 5.2 % lower than the traditional diet. The equilibrium point of the nontraditional diet that makes the nontraditional diet equally profitable to the traditional diet is 931,969 eggs/cycle for a laying shed of 2,640 hens, indicating that it can reduce the average eggs produced by18,031 eggs/cycle. Additionally, a user friendly a template was created to formulate diets for Zamorano Poultry Unit which can be devoted to the production and teaching. Finally, a template in Excel that uses the structure of a partial budget was created for the Poultry Unit at Zamorano to try this diet on a production hall to see if the change is profitable.

Key Words: Non-traditional diet, partial budget, Solver.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4. CONCLUSIONES.....	16
5. RECOMENDACIONES.....	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Páginas
1. Requerimientos nutricionales máximos y mínimos de aves ponedoras Hy-line..... 5 2. Plantilla presupuesto parcial para la comparación de costos de alimentación en gallinas ponedoras Hy-line..... 10 3. Porcentaje (en unidad de medida) de ingredientes utilizados en la dieta no tradicional..... 11 4. Lista de ingredientes, requerimientos nutricionales y cantidades actuales utilizadas por la unidad Avícola Zamorano..... 6	
Figuras	Páginas
1. Parámetros de Solver para la dieta no tradicional..... 7 2. Salidas postóptimas del programa: precio sombra, costo reducido, valor final, coeficiente objetivo y celda de restricciones..... 12 3. Reporte de sensibilidad para las restricciones de valor máximo permisible..... 13 4. Reporte de sensibilidad para las restricciones de valor mínimo permisible..... 14	
Anexos	Páginas
5. Recomendaciones nutricionales para el período de postura..... 20 6. Precio de los ingredientes utilizados para la formulación de la dieta..... 21	

1. INTRODUCCIÓN

La producción global de huevos entre los años 2000 y 2010 creció más del 2% anual, pasando de 51 millones de toneladas métricas a 63.8 millones de toneladas métricas. Las principales regiones productoras de huevos en el mundo son Asia con 38.1 millones de toneladas métricas y luego Latinoamérica con 13.1 millones de toneladas métricas que equivale al 78 % de la producción mundial de huevos. Los principales productores en América son EEUU, México, Brasil, Argentina, Colombia, Canadá y Perú (FAO, 2010).

Los productores de huevos buscan los mejores rendimientos económicos mediante la optimización de los factores involucrados, en especial la alimentación que constituye el 80% de los costos. Para ello, necesitamos obtener una buena formulación de las dietas para obtener un punto óptimo entre rendimiento y costo de producción. Sin embargo, los niveles óptimos de nutrimentos deben de ser aquellos que maximicen los costos alimenticios (Villalobos, 2003).

Este estudio evaluó la inclusión parcial de ingredientes locales alternos como sorgo, harina de coquito, aceite vegetal en sustitución a los ingredientes tradicionales como el maíz y la harina de soya. Estos ingredientes alternativos, prometen disminuir los porcentajes de maíz y harina de soya en la dieta y al hacerlo, se busca la reducción de costos en la alimentación y la efectividad de ganancia de rendimientos (huevos /gallinas) de estos subproductos.

Este trabajo se justifica porque al balancear una dieta para alimentación animal, es necesario tomar en cuenta los niveles de proteína, energía y los costos de producción (Robles, 2000). Gracias a esto, el estudio buscará una relación óptima entre requerimientos y costos, con el objetivo de reducir los costos de producción en la Unidad Avícola de Zamorano.

El aumento de la producción de etanol y biodiesel incrementó los precios de los granos y de las grasas para alimentos balanceados, por lo que en este estudio se presenta una nueva alternativa al mercado nacional hondureño para la sustitución de los principales ingredientes (maíz y soya), por ingredientes locales.

Algunas limitantes que se presentaron se debieron a que la dieta únicamente se formuló y no se obtuvieron los rendimientos promedios de producción, ni los beneficios netos de la dieta no tradicional debido a que no se probó con aves en producción. Adicionalmente, la herramienta de presupuesto parcial no se aplicará debido a la misma falta de datos de producción. Otra limitante es la dependencia de la oferta del mercado hondureño de los

ingredientes no tradicionales que no permitió utilizar otros ingredientes como semolina mixta, salvado de trigo y harina de algodón.

Los objetivos del siguiente estudio son:

- Encontrar los ingredientes sustitutos accesibles y adecuados para una dieta no tradicional para aves ponedoras.
- Formular una dieta con costos mínimos mediante la sustitución de insumos tradicionales por no tradicionales, en aves ponedoras para la Unidad de Investigación Avícola en Zamorano.
- Elaboración de una plantilla en Excel con un presupuesto parcial para evaluar si el cambio a la dieta no tradicional es rentable.
- Elaborar una plantilla en Solver para formular una dieta que cumpla con los requerimientos al menor costo y que a la vez sirva para la enseñanza en la Unidad de Avicultura Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental en Solver: En este estudio se formuló una dieta mediante la sustitución de ingredientes tradicionales por ingredientes no tradicionales. Los ingredientes no tradicionales son: harina de pescado, semolina de arroz, harina de coquito. Adicionalmente, se utilizó el sorgo en la dieta no tradicional, sin embargo este ingrediente es utilizado en dieta tradicionales. Para formular la dieta, inicialmente se realizó una investigación de los requerimientos nutricionales en aves ponedoras, los cuales fueron encontrados en un manual de estándares de rendimientos de Hy-line Brown (Catalogo Hy-line Brown, 2011).

Luego se realizó la investigación del precio de cada ingrediente por kilogramo que formaría parte de la dieta no tradicional (Ferrera, G. 2013). Adicionalmente, se acudió a la unidad de investigación avícola de Zamorano, donde, por medio de opinión experta, se obtuvo la información de los ingredientes locales disponibles según la oferta del mercado hondureño que pueden suplir las necesidades de los requerimientos de proteína y energía. Con esto, la dieta tendrá un menor costo debido a la sustitución de la harina de soya y maíz, los cuales presentan una alta demanda para el consumo animal.

La plantilla en Excel (Solver) es una herramienta que puede encontrar los puntos óptimos de máximas ganancias y costos mínimos, rendimientos, producción, entre otros, todo en dependencia de la variable que se esté evaluando. Adicionalmente es un programa que trabaja mediante restricciones, es decir, el programa brinda un punto óptimo de la variable utilizada, ya sea un máximo, un mínimo o un valor específico, según las condiciones del estudio. Por lo tanto en este estudio con Solver se encontró una solución óptima (de menor costo) con la dieta no tradicional sujeto a cumplir con los requerimientos establecidos del catálogo Hy-line para aves ponedoras. Esta dieta no tradicional sustituye los ingredientes tradicionales, cumple con los requerimientos nutricionales establecidos y además reduce los costos.

Se elaboró un presupuesto parcial, que una vez obtenido los datos de producción, comparará si la dieta no tradicional con los ingredientes sustitutos locales es más rentable que la dieta tradicional. Con esta dieta se mostrará una solución a los avicultores hondureños y también a la Unidad Avícola de Zamorano, que las dietas se pueden comenzar a realizar utilizando ingredientes locales y así disminuir la demanda de maíz y soya. En el estudio se identificaron los siguientes ingredientes para inclusión en la dieta: 8 harinas, 5 aminoácidos, fosfato monocálcico y fosfato dicálcico (Biofos) (Reyes, 2013), carbonato de calcio, sal común y vitaminas para gallinas (Cuadro 1). Estos ingredientes se combinaron para cubrir los requerimientos nutrimentales y costos mínimos deseados para la elaboración de la dieta no tradicional (Cuadro 1). Adicionalmente, se estimó la producción de huevos por ciclo de la dieta formulada.

Se comenzó con un estudio de manera analítica con una hoja de cálculo utilizada por la Unidad Avícola Zamorano la cual contiene: los ingredientes, el costo por kilogramo de cada ingrediente, el aporte de cada ingrediente a materia seca, proteína, energía metabolizable, fosforo entre otros, el porcentaje de suplido de cada ingrediente a la dieta, su costo bruto y costo de mezclado.

Solver nos permite optimizar el valor de una celda, la que es conocida como celda objetivo, que depende de las restricciones a las que pueda estar sometida. El proceso de construcción de modelos básicamente es: definir variables de decisión, la función objetivo, y las restricciones. La estructura del modelo básicamente trata de indicar la celda a optimizar, las celdas cambiantes (la cantidad de ingrediente a utilizar en la dieta) y las restricciones (López, s.f.) Los resultados para este estudio minimizaran los costos de la dieta con ingredientes no tradicionales cumpliendo con las restricciones de requerimientos planteadas en el Cuadro 1.

Antes de correr el Solver se colocaron los requerimientos máximos y mínimos de las gallinas ponedoras del catálogo de (Hy-line Brown 2011). Luego se ubicaron los costos por kg de cada ingrediente. Cabe destacar que en algunos recursos sin restricciones máximas (e. g., materia seca, aminoácidos), el nivel se ubicó en 100, que es el porcentaje máximo para esta dieta. Mientras que para los demás requerimientos se indicaron los valores especificados en el protocolo del catálogo.

En el Cuadro 2 se puede apreciar la dieta tradicional conformada mayormente de maíz y harina de soya, manteniendo los mismos requerimientos del catálogo Hy-line 2011 en porcentaje, en este caso los requerimientos mínimos. El método utilizado por la unidad de aves una hoja en Excel, que consiste en cambiar la cantidad manualmente (prueba y error) hasta cumplir con los requerimientos establecidos. Para los requerimientos máximos se respetó nuevamente el catalogo Hy-line, aunque cabe destacar que al no presentar en algunos casos los requerimientos máximos se dejó con un tope máximo del 100 por ciento.

Adicionalmente, podemos encontrar que el costo bruto de la dieta para una porción de 45.45 kg de concentrado es de \$ 19.52¹, teniendo en cuenta que el costo de mezclado estándar por la Planta de Concentrados Zamorano es de \$ 20.25 por tanda de 1.5 toneladas métricas (Ferrera, 2013). La dieta tradicional contiene 71.80% de Maíz, 17.50% harina de Soya, 1% Biofos y 8.75% de carbonato de Calcio.

Para obtener la dieta no tradicional, se colocaron, en una hoja de cálculo en Excel, cada uno de los parámetros a especificar en Solver, los cuales son: celdas cambiantes (ingredientes a utilizar en la dieta), celda objetivo (costo de la dieta) y coeficientes técnicos y niveles de las restricciones (requerimientos). Esto permitió proceder a correr el programa de programación lineal Solver en Excel.

¹ La moneda a utilizar en dicho estudio será dólares ajustados a la moneda hondureña (Lempiras) con una tasa cambiaria de L.20.54/US\$.

En la Figura 1 se puede observar las celdas que se colocan en cada parte de Solver. Primero se debe indicar en Solver la celda objetivo (set objective), en la cual se obtendrá el costo total de la dieta de la solución óptima. La celda que se indica en esta ubicación contiene la suma de productos no tradicionales. Luego, se escoge el tipo de operación que se desea realizar. Para este caso se escogió la operación de minimización a causa que queremos el menor costo posible de la dieta.

Cuadro1. Requerimientos nutricionales máximos y mínimos de aves ponedoras Hy-line.
Fuente: Catalogo Hy-line 2011.

Nutriente	Unidad	Máximo	Mínimo
Materia Seca	%	100.00	85.00
Proteína	%	100.00	15.23
Energía metabolizable	Kcal/Kg	2867.00	2734.00
Calcio	%	100.00	4.00
Fósforo disponible	%	100.00	0.36
Lisina	%	100.00	0.84
Metionina +Cistina	%	100.00	0.74
Treonina	%	100.00	0.63
Triptófano	%	100.00	0.19
Maíz	%	100.00	0.00
Sorgo	%	100.00	0.00
Harina de Coquito	%	10.00	0.00
Aceite	%	8.00	1.00
Semolina de Arroz	%	15.00	0
Harina de Maní-49%	%	10.00	0
Harina de Pescado	%	5.00	0.00
Harina de Soya	%	100.00	0.00
Vitaminas de gallinas	%	100.00	0.25
Sal Común	%	100.00	0.32

Cuadro 2. Lista de ingredientes, requerimientos nutricionales y cantidades actuales utilizadas por la unidad Avícola Zamorano.

INGREDIENTES	%	LIBRAS	L./Lb	CALCULADO EN BASE A DATOS DEL NRC				
				NUTRIENTE	REST.	REQUER.	UNIDAD	% SUPLIDO
Maiz	71.80		3.41					
Trigo			2.80					
Sorgo			3.20					
Harina de coquito			1.64					
Aceite			8.03					
Grasa Sobrepaso			16.34	Materia Seca	MIN	90 %		0.9772181
Semolina de arroz			3.18	Proteina	MIN	13.85 %		1.0034022
Semolina Mixta			0.85	NDT	MIN	0 %		
Salvado de trigo			0.00	EM aves	MIN	2800 Kcal/Kg		1.0239683
Gallinaza			0.20	EM cerdos	MIN	Kcal/Kg		
Leche en polvo			0.00	ED Rumeantes	MIN	Mcal/Kg		
Harina de maní			0.00	Ca	MIN	3.63 %		0.9906143
Harina de algodón			0.00	P total	MIN	%		
Harina de carne			5.80	P disponible	MIN	0.32 %		0.9675597
Harina de camarón			2.75	Ca/P Total	MAX			7.5386766
Harina de pescado			3.70	Ca/P Disp.	MAX			11.614044
Harina de soya	17.50		6.82	Fibra	MAX	%		
Leche en polvo			5.00	Lisina	MIN	0.76 %		0.9987074
Soya extruida			1.96	Met+Cist	MIN	0.67 %		1.00392
Soya integral			1.96	Treonina	MIN	0.57 %		0.9995037
Fondosal			0.00	Triptofano	MIN	0.17 %		0.9979959
Carbonato de calcio	8.75		0.67					
Fósforo			0.00					
Biofos	1.00		7.08					
Salinomicina			72.30					
Coban			0.00					
Lisina	0.09		23.57					
Treonina	0.08		48.09					
Biomos	0.04		65.08					
Melaza			1.26					
Metionina	0.19		54.71					
Triptofano	0.02		55.00	Costo ingredientes/100 Lbs.				401.04964
Sal Común	0.29		1.05					
Sulfato de cobre			10.91					
Urea			2.82	Costo de mezclado/100 Lbs.				15
Vitamina de gallinas	0.25		16.18					\$
TOTAL	100.00			Costo total L/100 Lbs.		416.04964	20.255581	

Fuente: Unidad Avícola Zamorano (2013).

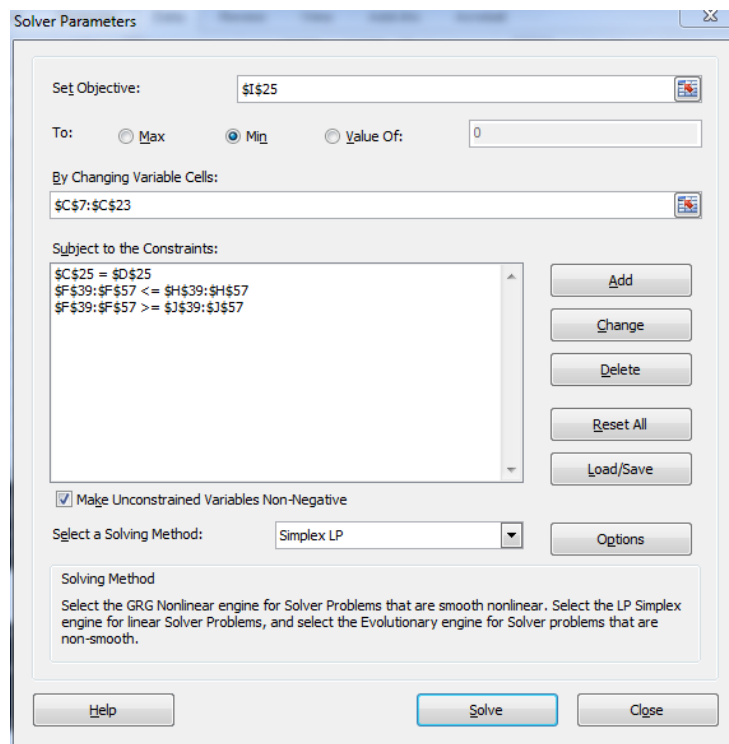


Figura 1. Paramentos necesarios a especificar en Solver para la dieta no tradicional

Posteriormente en la sección de variables cambiables (By Changing Variable Cells), se ubicaron las celdas vacías que contendrán las cantidades de los ingredientes en la solución óptima. Posteriormente se colocan las restricciones (Subject to the Constraints), las cuales le indican al programa cuál es el nivel máximo y mínimo de los requerimientos nutricionales o de otra índole, con el objetivo de no sacrificar la alimentación óptima del ave ponedora.

Adicionalmente, en la Figura 1, se pueden observar las restricciones utilizadas en el modelo de programación lineal para la dieta no tradicional, en las cuales tenemos restricciones máximas y mínimas para cada uno de los requerimientos. Los signos de “menor o igual que” indica que se tiene una restricción de un máximo valor debido a que señala que el programa no puede buscar una solución mayor que esa restricción. Los signos “mayor o igual que” indica que se tiene una restricción de un mínimo y que el programa debe de buscar una solución mayor que las restricciones escritas en esa celda. Las unidades se trabajan en porcentaje con respecto al peso debido a que la literatura citada en el catálogo Hy-line, 2011 lo recomienda. Únicamente cambia la unidad de energía metabolizable en aves porque esa es su unidad de medida, debido a que no se mide en porcentaje. (Murillo, 2013).

En este estudio se establecieron las restricciones para la harina de pescado de un máximo del 5% debido a que la disponibilidad es muy limitada. La semolina de arroz presenta una restricción del 15% debido a que presenta un gran aporte en proteína cruda del 13.5% versus el maíz de 7.5% (Murillo, 2013) lo que al aplicarla en grandes cantidades nos ocasiona una reducción de la digestibilidad por el alto contenido de fibra cruda. Con

respecto a la harina de coquito existe una restricción del 10% máxima según las investigación de (Garcia, 1997) quien encontró que al utilizar la harina de coquito con ese porcentaje en la dietas para aves, se encontraría mejores conversiones alimenticias. Con respecto a la harina de maní únicamente se utiliza como máximo un 10% debido a su alto contenido energético (Murillo, 2013) que causa que se disminuya el consumo alimenticio al utilizarlo en grandes cantidades. El aceite se utiliza hasta un máximo de 8% dependiendo de la necesidad energética del ave y un mínimo de 1% para cubrir la demanda de ácidos grasos esenciales como el linoléico.

Análisis de los reportes de Solver: Las salidas del programa Solver incluyen información post-óptima y se detallan algunos de estos y para qué sirven. Precio sombra nos sirve para saber cuánto cambio genera en la solución objetivo cada unidad adicional de insumo dentro de un rango máximo o mínimo específico. Costo reducido según (Lightner, 2013), es el costo reducido para una variable de decisión cuyo valor es diferente de 0 en la solución óptima, es la cantidad en que el coeficiente de la variable de la función objetivo tendría que mejorar (aumentar en problemas de maximización o disminuir en problemas de minimización) para que esta variable puede ser incluida en la solución óptima. Valor final nos indica el resultado de la solución óptima. Coeficiente objetivo nos indica el costo por libra por cada unidad de ingredientes utilizado. Finalmente, las restricciones nos sirven para cumplir con los requerimientos nutricionales de estudio.

Presupuesto parcial: Al encontrar la dieta no tradicional a menor costo, surgió la necesidad de realizar un presupuesto parcial para hacer la comparación económica entre la dieta tradicional y no tradicional para determinar si existen ventajas en utilizar la dieta no tradicional. Para ello, se necesita hacer una prueba experimental (en campo con las gallinas), que para fines de este estudio no se realizó. A pesar de ello, se realizó una plantilla en Excel con la estructura de un presupuesto parcial para que se continúe a futuro con el experimento y así demostrar el aspecto productivo de la dieta y determinar si es rentable aplicarla en la Unidad Avícola de Zamorano. Es por ello que esta plantilla quedará como aporte de la tesis en la misma unidad.

El presupuesto parcial es una herramienta que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y los beneficios de tratamientos alternativos para que el productor comprenda los alcances de la nueva tecnología (Byerlee, 1988). La estructura del presupuesto parcial es básica, únicamente trata de darle al productor los costos y beneficios que son diferentes entre los dos métodos, en este caso entre las dos dietas.

Con el objetivo de hacer la comparación de las dos dietas a futuro, se realizó la plantilla de presupuesto parcial con los siguientes parámetros:
 ingresos añadidos debido al cambio, costos reducidos debido al cambio, costos añadidos debido al cambio e ingresos reducidos debido al cambio.

En ingresos añadidos debido al cambio se obtuvo la diferencia en ingreso dado el cambio de la dieta tradicional a no tradicional, calculándolo de la siguiente forma:

$$I = (RT \times \text{precio}) - (RNT \times \text{precio}) [1]$$

Dónde:

I=Ingreso adicional debido al cambio

RT=Rendimiento tradicional en huevos/ciclo /galpón

RNT=Rendimiento no tradicional en huevos/ciclo /galpón

En costos reducidos debido al cambio se calculó la cantidad reducida en costos debido al cambio de la dieta tradicional a no tradicional, de la siguiente manera:

$$C = \left(\frac{CDT}{galpón} - \frac{CDNT}{galpón} \right) [2]$$

Dónde:

C= Costo reducido debido al cambio

CDT= Costo dieta tradicional por galpón

CDNT= Costo dieta no tradicional por galpón

Nota: Cada galpón tiene 3136 gallinas.

Posteriormente, en costo añadido debido al cambio se calculó los costos adquiridos debido al cambio de una dieta a otra de la siguiente manera:

$$C = \left(\frac{CDNT}{galpón} - \frac{CDT}{galpón} \right) [3]$$

Dónde:

C= Costo adicional debido al cambio.

CDT= Costo dieta tradicional por galpón.

CDNT= Costo dieta no tradicional por galpón.

Finalmente en ingreso reducido debido al cambio es la reducción de ingresos debido al cambio de dieta, calculándolo de la siguiente manera:

$$I = \left(\frac{IDT}{galpón} - \frac{IDNT}{galpón} \right) [4]$$

Dónde:

I= Ingresos reducido debido al cambio.

IDT: Ingreso dieta tradicional por galpón.

IDNT: Ingreso dieta no tradicional por galpón.

En el Cuadro 2, se puede observar la plantilla de presupuesto parcial, herramienta básica que ayuda evaluar los efectos financieros incrementales dado un cambio tecnologico. El presupuesto parcial sólo incluye los recursos que son cambiados con capacidad de aumentar o disminuir los ingresos. A continuacion se presenta la plantilla de presupuesto parcial utilizada en el estudio para la comparación de beneficios de alimentación en gallinas ponedoras Hy-line entre la dieta tradicional y no tradicional:

Cuadro 2. Plantilla de presupuesto parcial para la comparación de beneficios de alimentación en gallinas ponedoras Hy-line entre dieta tradicional y no tradicional.

Partial Budget			
Ingreso añadido debido al cambio:		Costo añadido debido al cambio:	
Cambio de dieta tradicional Vs No tradicional	\$ 0	Aplicar dieta tradicional	\$ 0
Costo reducido debido al cambio:		Ingreso reducido debido al cambio:	
Alimentación	\$ 3,128	Ninguno	\$ 3,128

Fuente: Iowa State University (budgeting and analysis) por Robert Tigner.

Es importante mencionar que únicamente tenemos el rendimiento de la dieta tradicional, ya que el de la dieta no tradicional debemos de probarla en campo (galpón). Es por ello que solamente se utilizó un rendimiento estimado de la dieta no tradicional para la obtención del punto de equilibrio para la dieta no tradicional. Este nos brindó la producción de huevos que necesita la dieta no tradicional para la obtención del mismo margen de contribución que la dieta tradicional. Para la estimación de la producción en equilibrio se utilizó la siguiente fórmula:

$$Rnt = (Rt * P - CAt + CAnt)/P \quad [5]$$

Dado que:

Rnt= Rendimiento de huevos dieta no tradicional.

Rt= Rendimiento de huevos dieta tradicional.

CAt= Costo de alimentación por galpón en dieta tradicional.

CAnt= Costo de alimentación por galpón dieta no tradicional.

P= precio promedio por unidad de huevo.

Nota: galpón tiene 3136 gallinas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solver: Al indicar las restricciones, requerimientos y costos correctos y debidamente actualizados se corrió Solver y se obtuvo una dieta no tradicional con una mezcla de ingredientes óptimos (Cuadro 3). Para la dieta no tradicional podemos observar que se utilizaron otros ingredientes que se pueden conseguir localmente en el mercado hondureño cumpliendo siempre con las restricciones establecidas en requerimientos.

Cuadro 3. Ingredientes utilizados (como porcentaje del peso total), costo de los ingredientes (\$/lb) y costo total de un saco de 45.45 kg dela dieta no tradicional.

POSTURA HY-LINE ROJA		
INGREDIENTE	%	Costo (\$/Lb)
Maíz	0.00	0.17
Sorgo	72.18	0.16
Haria de Coquito	10.00	0.08
Aceite vegetal	1.00	0.39
Semolina de Arroz	0.00	0.17
Harina de Maní al 49%	0.00	0.33
Harina de pescado	5.00	0.46
Harina de Soya	4.60	0.33
Carbonato de Calcio	5.84	0.03
Biofos	0.00	0.34
Lisina	0.19	1.15
Treonina	0.26	2.34
Biomos	0.00	3.17
Metionina	0.30	2.66
Triptofono	0.07	2.68
Sal Común	0.32	0.05
Vitamina de gallinas	0.25	0.79
Total / %	100.00	
Costo Ingredientes dólar/saco		18.47
Costo de mezclado dólar/saco		0.73
Costo total dólar/ saco		19.20

La dieta no tradicional contiene un 5 % de harina de pescado, 72% de sorgo, 1% de aceite vegetal, 4.6% de harina de soya y 5.84% carbonato de calcio. Con un costo total de \$ 19.20 por saco de 45.45 kg.

Podemos observar que la dieta no tradicional tiene un costo menor de \$1.05 por saco de 45.45 kg, comparada con la dieta tradicional (Cuadro2) que utiliza mayormente maíz y

soya con un costo de \$20.25. Adicionalmente se puede observar que se sustituye parcialmente la harina de soya y completamente el maíz.

En las salidas post-óptimas (Figura 2) se observa que el costo reducido (Reduced Cost) es igual es positivo para Biofos y Biomós. Para el Biofos y Biomós debe de haber una reducción de costos \$ 0.31 (L. 6.41) y \$3.13 (L. 64.41) respectivamente para poder incluirlos en la dieta. El costo reducido normalmente es igual a cero cuando las cantidades a utilizar de un ingrediente son positivas y es positivo cuando las cantidades a utilizar son cero. Sin embargo, se presentan costos reducidos iguales a cero aun cuando la cantidad a utilizar es cero. Es importante mencionar que esto ocurre cuando existen múltiples soluciones óptimas.

Restricción	valor Final	Costo reducido	Coefficiente Objetivo	Incremento	Disminución
Maíz	0	0.00	3.41	1E+30	0.286736599
Sorgo	72.18317815	0.00	3.2	0.2632842	1.308113702
Harina de Coquito	10	0.00	1.64	0.1716027	1E+30
Aceite vegetal	1	0.00	8.03	1E+30	1.959019636
Semolina de Arroz	0	0.00	3.4	1E+30	0.569069529
Harina de Maní al 49%	0	0.00	6.82	1E+30	1.870632894
Harina de pescado	5	0.00	9.5	0.4803693	1E+30
Harina de Soya	4.59542639	0	6.82	1.7398824	0.335636091
Carbonato de Calcio	5.836259942	0	0.67	0.38	0.190424674
Biofos	0	6.41	7.08	1E+30	6.41
Lisina	0.189588697	0.00	23.57	18.685288	22.9
Treonina	0.258728963	0	48.09	18.900052	47.42
Biomós	0	64.41	65.08	1E+30	64.41
Metionina	0.29574832	0	54.71	73.467778	48.89500312
Triptofano	0.071069535	0	55	59.796235	54.33
Sal Común	0.32	0	1.05	1E+30	0.38
Vitamina de gallinas	0.25	0.00	16.18	1E+30	15.51

Figura 2. Salidas post-óptimas del programa: precio sombra, costo reducido, valor final, coeficiente objetivo y celda de restricciones.

El precio sombra de una restricción es la diferencia entre el valor óptimo de la función objetivo y el valor de la función de objetivo, evaluada en la base opcional, cuando el lado derecho (RHS) de una restricción se incrementa en una unidad (Alaouze, 1996). Las restricciones que presentan un precio sombra igual a cero, significa que aunque aumentemos su requerimiento el valor de la función objetivo no cambia, para el nivel máximo permisible serían (figura 3): Proteína, energía metabolizable, Calcio, Fosforo disponible, Lisina, Metionina + Cistina, Treonina, Triptófano, Maíz, Sorgo, aceite vegetal, semolina de Arroz, harina de Maní, harina de Soya, vitamina de gallinas y Sal común ; y nivel mínimo permisible figura 4: Calcio, Fosforo disponible, Sorgo, harina de Coquito, harina de Pescado, harina de Soya .

Las restricciones que presentan un precio sombra diferente de cero, significa que si aumentamos el lado derecho de ésta, el valor de la función objetivo cambiará en la misma cantidad del precio sombra. Las restricciones que generarían cambios en la función objetivo si modificamos su lado derecho serían, para el nivel máximo permisible figura 3: harina de Coquito y harina de Pescado; y nivel mínimo permisible figura 4: proteína, energía metabolizable, Lisina, Metionina+ Cistina, Treonina, Triptófano, Maíz, Aceite vegetal, Semolina de Arroz, Harina de Maní, Vitamina de gallinas y Sal común.

Restricción	Unidad de Medida	Valor máximo permisible				
		Valor Final	Precio Sombra	L.D. Restricci	Incrementeo permisible	Disminución permisible
Materia seca	%	89.51	0	100	1E+30	10.4944981
Proteína	%	15.23	0	100	1E+30	84.77
Energía metabolizable	Kcal/Kg =	2734.00	0	2867	1E+30	133
Calcio	%	4.00	0	100	1E+30	96
Fosforo disponible	%	0.36	0	100	1E+30	99.64
Lisina	%	0.84	0	100	1E+30	99.16
Metionina + Cistina	%	0.74	0	100	1E+30	99.26
Treonina	%	0.63	0	100	1E+30	99.37
Triptofano	%	0.19	0	100	1E+30	99.81
Maíz	%	0	0	100	1E+30	100
Sorgo	%	72.18	0	100	1E+30	27.8168218
Harina de Coquito	%	10	-0.17	10	6.47640094	10
Aceite vegetal	%	1	0	8	1E+30	7
Semolina de Arroz	%	0	0	15	1E+30	15
Harina de Maní- 49%	%	0	0	10	1E+30	10
Harina de Pescado	%	5	-0.48	5	3.21084436	5
Harina de Soya	%	4.60	0	100	1E+30	95.4045736
Vitamina de gallinas	%	0.25	0	100	1E+30	99.75
Sal común	%	0.32	0	100	1E+30	99.68

Figura 3. Reporte de sensibilidad para las restricciones de valor máximo permisible

Restricción	Unidad de Medida	Valor mínimo permitble		L.D. Restricci	Incrementeo permisible	Disminución permisible
		Valor Final	Precio Sombra			
Materia Seca	%	89.51	0	85	4.50550192	1E+30
Proteína	%	15.23	4.51	15.23	2.39765193	1.78187311
Energía metabolizable	Kcal/Kg =	2734	0.05	2734	133	1114.671
Calcio	%	4	0	4	0	1E+30
Fosforo disponible	%	0.36	0	0.36	0	1E+30
Lisina	%	0.84	26.02	0.84	5.13590875	0.16683805
Metionina + Cistina	%	0.74	54.59	0.74	5.77789734	0.29279084
Treonina	%	0.63	59.28	0.63	4.66900795	0.20698317
Triptofano	%	0.19	60.37	0.19	5.25263395	0.06396258
Maíz	%	0	0.29	0	66.2792653	0
Sorgo	%	72.18	0	0	72.1831782	1E+30
Harina de Coquito	%	10	0	0	10	1E+30
Aceite vegetal	%	1	1.96	1	7	1
Semolina de Arroz	%	0	0.57	0	15	0
Harina de Maní- 49%	%	0	1.87	0	4.27422277	0
Harina de Pescado	%	5	0	0	5	1E+30
Harina de Soya	%	4.60	0	0	4.59542639	1E+30
Vitamina de gallinas	%	0.25	15.51	0.25	5.83625994	0.25
Sal común	%	0.32	0.38	0.32	5.83625994	0.32

Figura 4. Reporte de sensibilidad para las restricciones de valor mínimo permisible.

Las dos dietas se diferencian en costo e ingredientes. La diferencia en costo de la dieta tradicional vs. no tradicional es de \$ 1.04 por cada saco de 45.45 kg. La diferencia en ingredientes es la utilización de sorgo, harina de coquito, harina de pescado y en menores cantidades harina de soya, carbonato calcio y aminoácidos. La diferencia en método de cálculo es que en la dieta no tradicional se utiliza Solver mediante el método Simplex LP estructurado con sus celdas objetivos (costo), celdas variables (ingredientes) las restricciones (requerimientos nutricionales). Sin embargo, en la dieta tradicional se usa un método de cálculo llamado Balcari, este consiste básicamente de cumplir al 100 por ciento de suplidos en cada uno de los requerimientos establecidos en la parte de calculado en base de datos del NRC. Esto se hace cambiando de manera manual la cantidad de ingredientes a utilizar en esta dieta, para cumplir de esta manera el 100 por ciento de cada nutriente obteniendo nuestro punto óptimo.

Adicionalmente, esta plantilla también presenta el costo por kg de cada ingrediente, es por ello que al utilizar la cantidad necesaria de cada ingrediente, la misma calcula de manera automática el costo total de cada ingrediente y la vez el costo total de todos los ingredientes. Cabe mencionar que esto lo hace una vez encontrado el punto óptimo.

Rendimiento estimado de la dieta no tradicional y punto de equilibrio. La dieta tradicional posee un rendimiento de 950,000 huevos/ciclo en 80 semanas por galpón de 2640 gallinas, con una densidad de 440 jaulas x 6 gallinas/jaula.

Asumiendo un consumo de alimento de 95.5 libras (43.40 kilos) /gallina/ ciclo, el punto de equilibrio de la dieta no tradicional que hace ésta igual de rentable a la dieta tradicional es de 931,969 huevos, indicando que se puede reducir el promedio de postura de huevos de un galpón de 2640 aves en 18,031 huevos/ciclo. Este resultado se obtiene utilizando la ecuación 5. Esto es consecuencia que se dio la reducción en costos de \$1.04 por saco de 45.45 kg. Este punto de equilibrio significa que se pueden producir 18,031 huevos menos por ciclo por galpón y la dieta no tradicional sigue siendo igual de rentable (\$ 87,792) que la tradicional.

4. CONCLUSIONES

- Los ingredientes locales en Honduras, sorgo, harina de coquito, harina de pescado, aceite vegetal, harina de soya y carbonato de calcio, son accesibles y adecuados para utilizarlos en la elaboración de dietas de aves, debido a que cumplen con el potencial energético y proteico que la dieta necesita para su formulación, resultando satisfactorio según pruebas preliminares.
- La relación adecuada de los ingredientes de la dieta no tradicional son: 72.18% de sorgo %, 10% de harina de coquito, 1% de aceite vegetal, 5% de harina de pescado, 4.6% de harina de soya y 5.84% de carbonato de calcio.
- La dieta no tradicional reduce el costo de alimentación a \$ 19.20 por saco de 45.45 kg, comparado con la dieta tradicional con un costo de \$ 20.25 por saco de 45.45 kg.
- La dieta no tradicional permite reducir la cantidad de huevos necesarios para obtener la misma rentabilidad que al utilizar la dieta tradicional.
- El estudio proporcionó la plantilla de presupuesto parcial para evaluar si el cambio a la dieta no tradicional es rentable.
- El estudio proporcionó la plantilla de programación lineal (Solver), que tiene el beneficio de formular dietas no tradicionales y a la vez sirve para la enseñanza de estudiantes en Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar en campo la dieta no tradicional propuesta por la investigación para observar la postura real de las aves.
- Emplear la herramienta de presupuesto parcial una vez evaluada la dieta no tradicional en campo para ver la diferencia en beneficios brutos entre las dos dietas.
- Usar la herramienta de programación lineal frecuentemente para obtener dietas a costos mínimos y a la vez tener una herramienta didáctica más actualizada y manejable.
- Realizar otra investigación para encontrar el punto de equilibrio dado el precio por huevo.
- Se recomienda evaluar la investigación con mayor disponibilidad de tiempo para lograr elaborar la dieta, probarla en campo y comparar resultados.

6. LITERATURA CITADA

Alaouze, C.M., 1996. Universidad de South Wales, Escuela de Economía. Shadow Prices in Linear Programming Problems. Consultado el 6 de Noviembre de 2011. Disponible en <http://ideas.repec.org/p/fth/nesowa/96-18.html>

Análisis Económico. 2012. Presupuesto Parcial: método de análisis (en línea). Consultado el 13 de octubre. Disponible en https://docs.google.com/presentation/d/1wfFJxnH_IHxJtQLVdp6Wme8aqPQadVZITqpXWsWS8cU/edit?copiedFromTrash#slide=id.p13

Byerlee, D. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica (CIMMYT, Programa de economía). D.F., México. Pp 79. ISBN 968-6127-24-0

FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. Tendencias Avícolas Mundiales. (En línea). Consultado el 3 de julio. Disponible en <http://www.elsitioavicola.com/articles/2310/tendencias-avacolas-mundiales-2012-racord-mundial-de-huevos-a-pesar-de-crecimiento-mas-lento>

Ferrera, G. 2013. Precios Actualizados de ingredientes para la formulación de dietas para aves ponedoras. (Correo Electrónico) Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Gutierrez, P. s.f. Alimentos Balanceados para animales (en línea). Consultado el 13 de octubre. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/49045728/Alimentos-Balanceados-Para-Aniamles>

Hy-line International Dallas Center, Iowa 50063. 2011. Manual de Estándares de Rendimiento. Pp. 7.

Lopez, S. s.f. Optimización con solver (en línea). Consultado el 13 de octubre. Disponible en: <http://www.uv.es/asepuma/VI/31.PDF>

Murillo, G. Sustitución de materias Primas en los diferentes tratamientos utilizados. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación Personal.

Murillo, G. Contenido Energético de los ingredientes utilizados en la dieta no tradicional. Comunicación Personal.

Robles, K. 2000. Efecto de la reducción de la energía Metabolizable en las dietas de pollos de engorde durante la primera semana de vida. Tesis ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Pp17.

Tigner, R .2006. Partial Budgeting: A tool to Analyze Farm Business Changes (en línea) consultado el 18 de octubre. Disponible en:
<http://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/html/c1-50.html>

Villalobos, O.2003. Evaluación de la relación energía/Proteína cruda en dietas de pollo de engorde. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Pp 1-8.

7. ANEXOS

Anexo 1. Catálogo Hy-line con las recomendaciones nutricionales para el período de postura.

Recomendaciones Nutricionales Para el Período de Postura																				
Ítem ¹	Pico de Producción					Arriba de 93% a 89% de producción de huevo					88 a 85% de producción de huevo					Menos de 85% de producción de huevo				
	Punto de postura a las 32 semanas					33–44 semanas					45–58 semanas					59+ semanas				
Concentración recomendada ²																				
Energía metabolizable, kcal/lb	1260–1300					1240–1300					1215–1300					1160–1285				
Energía metabolizable, kcal/kg	2778–2867					2734–2867					2679–2867					2558–2833				
Energía metabolizable, MJ/kg	11.63–12.00					11.44–12.00					11.21–12.00					10.71–11.86				
Consumo de Alimento																				
g/día por ave	93	98	103*	108	113	100	105	110*	115	120	100	105	110*	115	120	99	104	109*	114	119
lb/día por 100 aves	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5	21.8	22.9	24.0	25.1	26.2
Aminoácidos totales ³																				
Lisina, %	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.92	0.88	0.84	0.80	0.77	0.88	0.83	0.80	0.76	0.73	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69
Metionina, %	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33
Metionina+cistina, %	0.87	0.82	0.78	0.75	0.71	0.82	0.78	0.74	0.71	0.68	0.78	0.74	0.71	0.67	0.65	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61
Treonina, %	0.75	0.71	0.68	0.65	0.62	0.69	0.66	0.63	0.60	0.58	0.66	0.63	0.60	0.57	0.55	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52
Triptófano, %	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
Arginina, %	1.05	1.00	0.95	0.91	0.87	0.97	0.92	0.88	0.84	0.81	0.92	0.88	0.84	0.80	0.77	0.87	0.83	0.79	0.76	0.73
Isoleucina, %	0.78	0.74	0.70	0.67	0.64	0.71	0.68	0.65	0.62	0.60	0.68	0.65	0.62	0.59	0.57	0.64	0.61	0.58	0.56	0.54
Valina, %	0.91	0.86	0.82	0.78	0.75	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70	0.79	0.76	0.72	0.69	0.66	0.75	0.72	0.68	0.65	0.63
Proteína cruda (nitrógeno × 6.25), ³ %	18.28	17.35	16.50	15.74	15.04	16.75	15.95	15.23	14.57	13.96	16.00	15.24	14.55	13.91	13.33	15.66	14.90	14.22	13.60	13.03
Calcio, ⁴ %	4.30	4.08	3.88	3.70	3.54	4.40	4.19	4.00	3.83	3.67	4.70	4.48	4.27	4.09	3.92	4.95	4.71	4.50	4.30	4.12
Fósforo (disponible), %	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29
Sodio, %	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15
Cloruro, %	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15
Ácido linoléico (C18:2 n-6), %	1.08	1.02	0.97	0.93	0.88	1.00	0.95	0.91	0.87	0.83	1.00	0.95	0.91	0.87	0.83	1.01	0.96	0.92	0.88	0.84
*El típico consumo de alimento para la edad está basado en los datos disponibles.																				

¹El típico consumo de alimento para la edad está basado en los datos disponibles.

Fuente: Manual de Estándares de rendimiento, Hy-line (2011).

Anexo 2. Precio de los ingredientes utilizados para la formulación de la dieta.

Precio de Ingredientes(\$)	Costo/kg
LACTOMIL (GRASA BYPASS)	1.85
BICARBONATO DE SODIO	0.73
CLORURO DE COLINA	1.23
FERTILIZANTE UREA AL 46%	0.50
PREMEZCLA NUCLEO ZAMORANO	2.33
PECUTRIN PLUS (SACO DE 20 KGS)	2.16
TREONINA	5.15
BIOMOS	6.97
MONSIGRAN	7.74
CARBONATO DE CALCIO P/GANADO	0.09
LISINA	2.98
FOSFATO DE CALCIO AL 21% (BIOFOS)	0.76
METIONINA	5.93
SAL COMUN	0.11
VITAMELK DE POLLO	2.74
MAIZ COMERCIAL	0.37
SEMOLINA DE ARROZ	0.36
MELAZA	0.14
HARINA DE COQUITO	0.18
HARINA DE SOYA	0.74
VITAMELK DE CERDOS	1.86
VITAMELK DE GALLINA	2.60
CALCIO GRIS	0.07
ACEITE CRUDO DE PALMA	0.87
CAROPHYL ROJO	135.72
CAROPHYL AMARILLO	120.89
NUTROTRANS	1.67

Fuente: Planta de concentrados Zamorano.