

# EL MÉTODO DE SUBSTITUCIÓN

MVZ EPA Alejandro Zalapa Ríos. 2011. Enviado por el autor.

Paracho, Michoacán, México.

Emilio Carranza 268 Centro. Cp. 60250.

[Alzari\\_62@hotmail.com](mailto:Alzari_62@hotmail.com) - 452 122 93 07.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales](#)

El Método de substitución es un método matemático utilizado en el balanceo de raciones alimenticias para animales, y fue desarrollado por J.P. Fontenot, en el Instituto Politécnico de Virginia, USA.

El objetivo central del presente artículo, es lograr que los productores pecuarios de nivel medio y bajo, que son los más en Latinoamérica, puedan disminuir costos, mejorar su nivel de vida por concepto de los ingresos de la ganadería, ser más competitivos y por lógica garantizar la subsistencia del sector primario; evitar el desmantelamiento de la agricultura, (desagrarización) y evitar la migración nacional e internacional.

Este artículo es uno más de los ya escritos y cuyo objetivo es servir como herramienta de apoyo al proceso productivo pecuario. Principalmente es un artículo que guarda relación estrecha con el artículo Realidades del cuadrado de Pearson, simple, compuesto y el agregado.

En este contexto y a modo de justificación, quisiera citar algunas cifras y datos referentes a México, y que en mi idea personal es algo que sucede también en Latinoamérica.

En México, según la ENOE o Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo al tercer cuatrimestre del 2010. En las localidades rurales consideradas estas habitadas por menos de 2500 habitantes, se encuentra viviendo el 22% de la población nacional. También se observa que al dividir en sectores de ocupación a la población nacional, define al sector primario como la Agricultura considerada en sentido amplio ( Agricultura, Ganadería, Pesca y Silvicultura), en el mismo periodo de consulta, destaca que en el Sector rural Vive el 71.2% de la población nacional dedicada al sector primario. En forma análoga al consultar a la CONEVAL, se observa que la mayor concentración de la pobreza, en sus dos clasificaciones consideradas como pobreza moderada y extrema, se encuentra ubicada en el sector rural.

Así pues, hablar de Agricultura y Ganadería es hablar de localidades rurales, y es hablar de pobreza. Como referente último habría que considerar a Chayanov, cuando se refiere a que en las localidades rurales la forma de vida es diferente y que la economía no se define igual que en las sociedades urbanas, el referente principal es el jornal, el cual no es considerado en la economía campesina como un pago al trabajo, sino como una necesidad para lograr la satisfacción de necesidades familiares.

Considerado así, encontraríamos como factores referentes de la ganadería en Latinoamérica, a la pobreza, al sector rural, a las explotaciones de baja tecnificación, y lo más importante, que en la ganadería el gasto por concepto de alimentación según la UNAM, es el concepto de mayor inversión, superior al 60%, y que de acuerdo a experiencias personales, en la producción pecuaria en zonas rurales, donde no se paga un jornal, la alimentación representa hasta el 90% de la inversión en el proceso productivo pecuario.

Bajo este contexto general, el capacitar a los productores en realizar mezclas alimenticias, que por un lado, reduzcan tiempo en la elaboración del producto final, como carne, leche, o ambos, y que de ser posible también reduzcan el costo del alimento, es incidir sobre el 60 al 90% de los costos. Se vuelve obvia pues la importancia de tener la capacidad de disminuir costos en los alimentos, o disminuir tiempo en los productos finales.

En coincidencia a lo que escribe de sus experiencias Polan Lacki, citaría que el ideal de cualquier sistema de desarrollo y más aun del sector rural, es encontrar alternativas de Bajo costo y Alto impacto. Reconsiderando los datos anteriores diríamos que si un productor es capaz de realizar raciones de 2 o más nutrientes, esta Impactando sobre el 60% de los costos en las instalaciones tecnificadas, y sobre el 90% en las unidades de producción rural y las extensivas. Y que a su vez el costo de la aplicación de la tecnología, solo representa el desarrollo de habilidades en el tema, lápiz, libreta y una calculadora. Estamos hablando de alto impacto y bajo costo.

Por lo tanto, escribo aquí una técnica más que facilita la elaboración de mezclas alimenticias, y que representa un apoyo sencillo y de fácil aplicación. No se requiere un nivel mayor de educación que el saber realizar las operaciones matemáticas sencillas de suma, resta y porcentaje, para poder realizar mezclas en casa y hacer más eficiente la producción.

Este método es muy útil en el uso moderno de suplementos alimenticios y concentrados, como su nombre lo indica es muy útil en el remplazo de una materia prima por otra, con el objeto de lograr un balanceo.

Así, si se desea balancear dos o más ingredientes, basta establecer la cantidad de nutriente requerida, compararla con la cantidad de este que proporcionan los ingredientes disponibles, obtener por diferencia el déficit en el o los ingredientes en cuestión, y seleccionar otra materia prima que contenga una concentración superior al nutriente.

Propondremos un Primer ejemplo:

Balancear a 16% de proteína cruda (PC) Ración para Bovinos en engorda periodo X.

- 1) Ingrediente disponible Maíz planta completa. (8% de PC). (cuadro 1)
- 2) Ingrediente de sustitución. Concentrado Comercial (40% de PC).

Cuadro 1.- Maíz y ración.

Ingrediente	% de inclusión	Proteína %	Kg de PC/100
Maíz	100	8	8
Total	100		8
Requerido	100		16
Déficit	0		8

Observamos que esta ración contiene un 8% de PC; que es requerido el 16% de PC, y que por resta directa, hay un Déficit de 8% de PC.

- A) Habría ahora, que realizar algunas ecuaciones y obtener el “diferencial de sustitución” (DS). Considerar que cuando se sustituye 1 kilogramo de Maíz por 1 kilogramo de concentrado comercial 40, se eliminan 80 gramos de PC, pero se añaden 400 gramos de PC, o sea se eliminan los 80 gramos de PC del Maíz y se añaden los 400 gramos de PC que aporta el concentrado.

$$DS = 0.400\text{kg.} - 0.080 \text{ kg.} = 0.320$$

- B) El siguiente paso consiste en obtener la cantidad (Kilogramos por cien incluidos en la ración KIR) de ingrediente a remplazar, esto se obtiene con la ecuación  $KIR = \text{Déficit en kilogramos del nutriente} / \text{Diferencial de sustitución}$ .  $KIR = DKN/DS$ .

En el ejemplo sería:

$$KIR = 8/0.320 = 25$$

La cantidad de Maíz que debe ser substituida por Concentrado 40, son 25 Kilogramos en una mezcla total de 100 Kilogramos.

- C) En este caso es obvio que el maíz utilizado será 75 Kilogramos, sin embargo, en otros casos y si se dificulta, para obtener la cantidad de maíz a usar este sería igual a restar del total o 100 kilogramos la cantidad anterior o a remplazar;  $100 \text{ kilogramos total} - 25 \text{ kilogramos de sustitución} = 75 \text{ kilogramos de Maíz}$ .
- D) Comprobando: Ver cuadro 2

Cuadro 2.- Comprobación de la ración con substituto

Ingrediente	% de inclusión	Proteína %	Kg de PC/100
Maíz	75	8	6
Substituto	25	40	10
Total	100		16
Requerido	100		16
Déficit	0		0

Un segundo ejemplo:

Proyecto: Balancear a 16% de PC

- 1) Ingredientes disponibles:
  - A) Sorgo 8% de PC.
  - B) Salvado de trigo 17% de PC.
  - C) Harina de pescado 50% de PC
  - D) Pre mezcla vita mineral.
- 2) Ingrediente de sustitución.
  - Pasta de Ajonjolí 42% de PC.

En este caso se fijan porcentajes deseables de todos los ingredientes disponibles, excepto del grano, y se les llama “ingredientes fijos”, al grano se le denomina “ingrediente semi fijo” y se le dosifica cuanto baste para 100% (cbp). (cuadro 3)

ÚSESE:

5 % de Harina de pescado

10 % de Salvado de trigo

1 % de pre mezcla.

Cuadro 3.- Ingredientes semi fijos y fijos.

Ingredientes	% de Inclusión	% PC	Kg PC
Sorgo (a)(c)	84	8	6.72
Salvado de trigo (b)	10	17	1.7
Harina de Pescado (b)	5	50	2.5
Pre mezcla vita mineral (b)	1	-	-
Total	100		10.92
Requerido	100		16
Déficit	0		5.08

a) “Ingrediente semi fijo”

b) “Ingredientes fijos”

c) cbp 100 Kg.

El ingrediente de sustitución en este caso es la pasta de ajonjolí (PA) con 42% de PC.

1 kg de PA proporciona..... 0.420 kg. De PC.

1 kg. De Sorgo proporciona..... 0.080 kg. De PC.

Aplicando la ecuación tendríamos DS = 0.420-0.080 = 0.340

Cada Kg. De sustitución..... 0.340 kg. De PC. (Diferencial de Sustitución DS).

Entonces aplicamos la segunda fórmula, obtener la cantidad (Kilogramos por cien) de ingrediente a reemplazar, esto se obtiene con la ecuación:

$$\text{KIR} = \text{Déficit en kilogramos del nutriente} / \text{Diferencial de sustitución. KIR} = \text{DKN} / \text{DS.}$$

En el ejemplo seria:

$$\text{KIR} = 5.08 / 0.34 = 14.94$$

Así comprobando; la ración se compone como se ve en el cuadro 4, donde se ve que el proyecto se satisface a cabalidad:

Cuadro 4.- Comprobaciones del segundo ejercicio

Ingredientes	% de Inclusión	% PC	Kg PC
Sorgo	84- 14.94 = 69.06	8	5.524
Salvado de trigo	10	17	1.7
Harina de Pescado	5	50	2.5
Pre mezcla vita mineral	1	-	-
P Ajonjolí (Substituto)	14.94	42	6.274
Total	100		16
Requerido	100		16
Déficit	0		0

Existen también algunas descripciones, que hacen referencia al balanceo de un segundo nutriente, sin embargo, se conforman con dejar un segundo nutriente bien balanceado, con otro ingrediente de sustitución, y el primer ingrediente lo dejan aproximado, porque al balancear un segundo se des balancea un primero.

Haciendo un análisis más detenido, usando los principios básicos de las matemáticas, un poco de lógica, y con la experiencia en el balanceo de raciones, si se pueden dejar 2 ingredientes certeramente balanceados, y lo explicare aquí en un tercer ejemplo, para el cual usaremos el segundo ejercicio (ver cuadro 5) y el segundo nutriente será la Energía Metabolizable EM.

Cuadro 5.- Raciones del segundo ejercicio, ahora incluyendo los contenidos de Energía Metabolizable de cada nutriente.

Ingredientes	% de Inc.	% PC	Kg PC	Mcal EM/ Kg.	Mcal en ración
Sorgo	69.06	8	5.524	3.12	215.46
Salvado de trigo (ST)	10	17	1.7	2.67	26.7
Harina de Pescado (HP)	5	50	2.5	3.28	16.4
Pre mezcla vita mineral (VM)	1	-	-	-	-
P Ajonjolí (Substituto)	14.94	42	6.274	2.98	44.52
Total	100		16		303.08
Requerido	100		16		261
Déficit	0		0		+ 42.08

Como observamos hay un excedente de 42.08 Mega calorías de Energía Metabolizable que deberán ser ajustados, el primer paso consiste en balancear una nueva ración con un ingrediente sustituto y un proteico alto a 16% de proteína, pero tendenciosa u obligatoriamente tendrá que ser menor en el contenido de Energía Metabolizable, por que la ración presente tiene un contenido superior del nutriente. Aclarando y por lógica si el resultado de la primera ración en el segundo ingrediente fuera menor, la segunda ración debería contener una mayor cantidad del mismo.

Así pues un buen ingrediente sustituto seria la paja del mismo sorgo, cuyos contenidos se describen a continuación.

- Paja de sorgo PS; 1.95 Mcal de EM/kg. Y 5.2% de Proteína Cruda PC.
- Como los ingredientes ST, HP y VM, se consideraron ingredientes fijos no se moverán.
- El ingrediente de re sustitución será la Pasta de Ajonjolí, que ya fue utilizada.

En este caso usando la pasta de ajonjolí y la paja de sorgo balancearemos a 16% de Proteína. Algunas de las formulas y pasos se obviarán porque sus formas de obtención ya se describieron previamente, ante una dificultad regresar a los procedimientos anteriores.

$$\text{Diferencial de sustitución DS} = .420 \text{ PC de PA} - 0.052 \text{ PC de PS} = .368.$$

Este 0.368 se divide entre el déficit que existe de 5.2 % de PC que tiene la Paja de Sorgo a alcanzar el 16% requerido, y que es igual a 10.8 de déficit proteico.  $10.8 / .368 = 29.3478$  Por lo tanto, con este porcentaje de pasta de ajonjolí y el faltante a 100 Kg, que es 70.6522 de paja de sorgo deberá satisfacerse la ración. Así pues comprobando esta ración nueva y checando su contenido en Mcal de EM por ración seria como se ve en el cuadro 6.

Cuadro 6.- Ración 2 del tercer ejemplo. R2

Ingredientes	% de Inclusión	% PC	Kg PC	Mcal EM/ Kg.	Mcal en ración
Paja de Sorgo	70.6522	5.2	3.674	1.95	137.77
P Ajonjolí (Substituto)	29.3478	42	12.326	2.98	87.45
Total			16		
Requerido			16		
Déficit			0		225.22

En este momento tenemos ya 2 raciones balanceadas a 16 % de proteína, una con menor contenido del requerido en Energía Metabolizable y la otra con un contenido mayor. Por lo tanto, se realiza la sustitución, pero ahora las raciones serán R1 y R2 y el ingrediente será la Energía Metabolizable. Como la Ración 2 o R2 es la deficitaria, se usara esta como ingrediente fijo y la R1 como sustituto. Ver cuadro 7.

Cuadro 7.- R2 y sus contenidos.

Ingredientes	% de Inclusión	Mcal EM/ Kg.	Mcal en ración
R2	100	2.2522	225.22
R1 (Substituto)	¿?		
Total	100	2.2522	225.22
Requerido	100		261
Déficit			35.78

Así en esta ecuación nueva substituiremos a la Ración 2 con la Ración 1, por lo tanto el diferencial de substitución será Igual a:  $3.0308 - 2.2522 = 0.7786$

Y la cantidad a substituir será igual a el déficit del nutriente 35.78, sobre el diferencial de selección, por lo tanto,  $35.78 / 0.7786 = 45.95$ , que representa la cantidad a substituir o la Ración 1, en cuanto a la Ración 2, será igual a 100- la Ración 1 en la Ración final  $100 - 45.95 = 54.05$ .

Verificando la Energía Metabolizable el resultado nos queda como se ve en el cuadro 8.

Cuadro 8.- Comprobación de Energía en Ración Final. Muestra un proyecto satisfecho.

Ingredientes	% de Inclusión	Mcal EM/ Kg.	Mcal en ración
R2	54.05	2.2522	121.73
R1 (Substituto)	45.95	3.0308	139.265
Total	100		261
Requerido	100		261
Déficit			0

En este momento sabemos que el balanceo de las tres raciones parciales nos conformara una sola ración final ya con los componentes en forma. El último comprobante será el cuadro de unión (9) y queda como sigue:

Cuadro 9 o de Unión. Se Unen raciones 1 y 2 y se calculan contenidos de los nutrientes en los ingredientes, y al final se suman, observándose un proyecto satisfecho.								
Ingredientes	% de Inclusión	Ración 1* 45.95	Ración 2* 54.05	Total en Ración Final	% PC	Kg PC	Mcal EM/ Kg.	Mcal en ración
Sorgo	69.06	31.73		31.73	8	2.538	3.12	99
Salvado de trigo (ST)	10	4.6		4.6	17	.7782	2.67	12.28
Harina de Pescado (HP)	5	2.297		2.297	50	1.148	3.28	7.53
Pre mezcla vita mineral (VM)	1	.459		0.459	-	-	-	-
P Ajonjolí (Substituto)	(14.94 R1) (29.3478 R2)	6.865	15.86	22.72	42	9.54	2.98	67.70
Paja de Sorgo	70.65 R2	45.95	38.18	38.18	5.2	1.98	1.95	74.45
Total	100	67.31	54.05	100		16		261
Requerido	100					16		261
Déficit	0					0		0

Como se observa en el cuadro 9, tanto la energía como la Proteína cruda, son satisfechas, y el método de substitución en el balanceo de raciones puede ser una herramienta excelente.

## REFLEXIÓN FINAL

En esta reflexión, quisiera hacer una respuesta a las preguntas que según la visión personal viene a mi mente, aparecerán del presente artículo, y la más importante, es que ¿Por qué utilizar este método, cuando existe software de costos barato para computadora?

La reflexión que hago es regresar al inicio y ver las citas, donde Agricultura en el sentido amplio o Xolocotziana, es fundamentalmente rural. El 71.2% de la Población dedicada al sector primario o agricultura en México vive en el sector rural. Al igual al revisar el informe del 2010 de la CONEVAL en México, se encuentra que la mayor parte de la población en pobreza extrema vive en el medio rural, y que el porcentaje de la población en pobreza general, es mucho muy superior porcentualmente en el medio rural que en el urbano. Por lo tanto y reiterativamente hablar de Rural es hablar de agricultura, es hablar de pobreza. Así ante una pregunta, ¿Cómo estimular el desarrollo de las localidades rurales? Y ¿Cómo disminuir la pobreza?, lo lógico sería intervenir donde hay más pobres o medio rural, y conociendo sus actividades productivas, que es el sector primario, pues impactar en el con alternativas de alto impacto y bajo costo.

La última pregunta sería ¿cuántos productores agropecuarios, tienen la posibilidad y la capacidad de usar un equipo de computo?, y creo que es sencillo de contestar y con exactitud decir muy pero muy pocos. Ante la necesidad del desarrollo rural a través de la Asistencia Técnica pecuaria, considero que el método presente es una alternativa excelente de enseñanza a productores pecuarios.

Quiero hacer mención que para productores de mayor desarrollo de conocimientos y habilidades, así como para técnicos en el área de producción pecuaria, ya escribí un artículo denominado Balanceo de raciones a mínimo costo. El cual define un sistema de balanceo de raciones a otro nivel.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aditivos y Vitaminas Mexicanas, SA. De CV. "Tabla de Ingredientes" México 2002.
- Ángeles C.S. C. Corona G.L. Escamilla G. J.I. Melgarejo V.L.G. Spross S. A. K. Alimentación Animal (Forrajes y concentrados). Área Bovinos. UNAM-DSUAED 2005
- Castañeda N.Y. Castillo G.E. Fernández R.J.A. Jarillo R.J. Melgarejo V.L.G. Alimentación Animal (Manejo de pastizales). Área Bovinos. UNAM-DSUAED 2005
- Alonso P. A. Guevara. N. A. Carranza V.J. A. Ruiz G. Ch. G. "Administración Pecuaria", Área Bovinos. UNAM-DSUAED 2005
- Spross S. A. K. Alimentación Animal (Alimentación). Área Bovinos. UNAM-DSUAED 2007
- N.R.C. United States-Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds, Third Revision (1982)
- N.R.C. United States-Canadian Tables of nutrient requirements of beef cattle: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds, Third Revision (1982)
- Trujillo FV. Formulación de Raciones Editorial Mac Graw Hill. México. 1979.
- Aguilar A., J. J.R. Altamirano C., R. Rendón M. (2010). Del Extensionismo Agrícola a la Innovación Rural. FAO, UACH, México 2010.
- Caballero G., A. A. Casanova M. A. Marrero T. Hernández Ch. y J.F. Capote F. (2000). La asistencia técnica a los productores en Cuba: Concepciones y evolución. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" Carretera Bejucal-Quivicán Km. 33 ½. Quivicán. La Habana. Cuba. Cuadernos de Desarrollo Rural 45.
- Cervantes D. y J. Dewbre; (2010); Economic importance of agricultura for poverty reduction; Working papers no. 23; OECD; Paris. P 1 y 15-22.
- Dowbor Ladislaw. (2001) La Reproducción Social: Propuestas. Siglo XXI. 384 páginas.
- Escalante S. H. Catalán (2008) Situación del Sector Agropecuario en México: Perspectivas y Retos. En "Crecimiento Económico en México: ¿agotamiento o sustentabilidad?". México.
- Escalante S. (2008). "Desarrollo Rural, Regional y Medio Ambiente" Economía. Volumen 3 Numero 8. México.
- Escoboza A. "El método de Substitución". Modulo Subproductos de Origen Animal y vegetal. EMVZ. UMSNH. 1979.
- Espinoza García J. A., A.T. Gonzales O. U. Aguilar B. S.A. Ríos R. 2005. Planeación seguimiento y evaluación económica: Metodología para empresas familiares bovinas. INIFAP. México PP. 4 y 5.
- García B., R. (2008). El Desarrollo Sustentable: el caos que emergió del nuevo orden "Cooperativo". En Instituciones y Desarrollo; Ensayos sobre la complejidad del campo Mexicano. CRIM, UNAM. UACH. El colegio de México. México.
- Maass Manuel (2007) "Principios Generales sobre Manejo de Ecosistemas" Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Morelia, Correo-e: [maass@oikos.unam.mx](mailto:maass@oikos.unam.mx).
- Mariaca M.R. 1997 ¿Qué es la agricultura? (bajo una perspectiva Xolocotziana) 23-27y 263-265.
- Marx Carlos (1986): *El Capital. Crítica de la economía política*, T.I. Fondo de Cultura Económica, México.
- Piña C., M. L. López S. y J.S. Banda A. (2009) Incremento de los precios de alimentos en el mercado mundial y su impacto en la agudización de la pobreza en México. En Crisis y Desarrollo; universidad Autónoma de Chapingo.
- Ramos V., A., R. Martínez P. (2005). Seminario de Producción Animal. DSUAED. UNAM.
- Reyes G. P. Comercio y Desarrollo: Bases Conceptuales y Enfoque para América Latina y el Caribe. (<http://www.zonaeconomica.com/comercio-desarrollo>) consultado 10/02/2011.
- Saucedo M., P. (1984). Historia de la Ganadería en México. Tomo I UNAM. México.
- Sepúlveda R., S. Echeverri R., A. y Portilla M. (2003) "El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural" IICA. San José, Costa Rica.
- SEP. Fondo de Cultura Económica. (1980) Guía de Planeación y control de las actividades pecuarias. México.
- Woortmann K. (2001) "O Modo de Produção Doméstico Em Duas Perspectivas: Chayanov e Sahlins Série Antropologia 293 Brasília.
- Link,s
- <http://www.inegi.org.mx/> (consultado el 25/05/2011)
- <http://www.siap.gob.mx/> (consultado el 26/05/2011)
- <http://www.econlink.com.ar> (consultado el 28/05/2011)
- <http://www.polanlacki.com.br/agroesp/indice.html> (consultado 05/06/2011).
- <http://www.conapo.gob.mx/> (Consultado 28/07/2011).
- [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx) (Consultado 01/08/2011).

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales](#)