

1064
28



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores "CUAUTITLAN"

MANUAL DE FORMULACION DE RACIONES
PARA CERDOS.

T E S I S

Que para obtener el Título de

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P r e s e n t a

RICARDO MORENO IBARRA

Asesor: M. V. Z. ENRIQUE ARISTA PUIGFERRAT



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

- I INTRODUCCION .
- II OBJETIVO .
- III DESARROLLO DE TEMA .
- IV REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS .
- V ANEXOS .

I N D I C E

	Paq.
I	Introducción 1
II	Objetivo 5
III	Desarrollo de tema 6
1.	Formulación de premezclas 7
1.1.	Formulación de una premezcla Mineral 9
1.2.	Formulación de una premezcla Vitamínica . 19
2.	Antecedentes y metodología del Cuadrado de Pearson 27
2.1.	Cuadrado de Pearson sencillo 30
2.2.	Doble Cuadrado de Pearson 36
3.	Antecedentes y metodología de las ecua -- ciones algebraicas 47
3.1.	Sistema de ecuaciones con dos incógnitas_ para una necesidad (Sustitución) 56
3.2	Ecuaciones simultáneas por el método de _ "IGUALACION". Para dos necesidades 63
3.3	Ecuaciones simultáneas por el método de _ "MULTIPLICACION". Para dos necesidades .. 68
3.4.	Ecuaciones simultáneas por el método de _ "DETERMINANTES". Para dos necesidades .. 73
3.5.	Ecuaciones simultáneas por el método de _

	"DETERMINANTES". Con ingredientes fi-	
	jos, para dos necesidades	78
3.6	Ecuaciones simultáneas para tres nece-	
	sidades, por "MULTIPLICACION"	87
3.7	Ecuaciones simultáneas para tres nece-	
	sidades, por "DETERMINANTES"	92
4.	Antecedentes y metodología de la técni	
	ca de Trujillo	97
4.1.	Método de trujillo	100
5.	Antecedentes y metodología de la técni	
	ca de Sustitución.....	114
5.1.	Técnica de Sustitución para una necesi	
	dad	117
5.2	Técnica de Sustitución para dos necesi	
	dades	123
6.	Método de Tanteo	132
7.	Programación Lineal	141
7.1.	Programación Lineal por medio de gráfi	
	cas	144
7.2.	Programación Lineal por medio de la	
	calculadora HEWLETT PACKARD 41 CV	149
IV	ANEXOS	165
V	Referencias bibliograficas	175

I. INTRODUCCION.

El cerdo difiere considerablemente de los grandes herbívoros de granja en muchos aspectos. Primeramente es omnívoro, sus dientes por ejemplo, son adecuados para utilizar tanto el material animal, como el vegetal que encuentran en su estado salvaje. Comparado con los rumiantes está pobremente adaptado para triturar sus alimentos y no tiene ni el amplio rumen del buey ni el muy grande ciego del caballo. Consecuentemente está peor equipado que los herbívoros anteriormente mencionados para tratar con alimentos fibrosos. Esto no indica que no pueda utilizar en absoluto tales alimentos, porque en el estado natural lo hace a menudo, pero si fuésemos a alimentar a los cerdos domésticos como se alimentan las formas salvajes podrían elevarse el trabajo y los costos principales; mientras que el producto final, no agradaría a la moderna ama de casa. (J. T. ABRAMS, 1965).

La alimentación representa aproximadamente del 60 al 75% de los costos de producción del cerdo. Por lo cual es indispensable que cualquier explotación porcina, preste atención a las necesidades nutritivas de los diferentes estados fisiológicos, así como conocer el valor nutritivo de los alimentos disponibles y su costo, de tal forma, que se pueda formular una dieta adecuada a un costo reducido (MARSHALL, 1974).

Las necesidades nutritivas del cerdo varían con la edad y la fase de su producción. Especialistas de nutrición porcina, han indicado que existen por lo menos nueve fases distintas en la producción de cerdos, a saber: cerdas de cría, cerdas lactantes jóvenes y adultas; verracos jóvenes y adultos, lechones de 2-5 Kgs. (lactancia), lechones de 5-10 Kgs. (preini

ciación), lechones de 10-20 Kgs. (iniciación), cerdos de engorda de 20-35 Kgs. (crecimiento I), cerdos de engorda de 35-60Kgs. (crecimiento II), y cerdos de engorda de 60-100 Kgs. (finalización). (C.E. BUNDY, ET al., 1981).

Los ganaderos exigen de sus animales unos rendimientos óptimos por eso, para poder conseguirlo, el suministro de nutrientes debe ser amplio. Afortunadamente, el desarrollo rápido se op^o tiene con menos pienso y gastos por unidad de incremento de peso que el lento. Es por esto por lo que se requiere cono^o cer los nutrientes más frecuentemente empleados en formulación de raciones para conseguir rendimientos óptimos.

Una ración equilibrada es una combinación de alimentos que pro^o vee los distintos nutrientes, en proporción, cantidad y forma tales que, sin desperdicios nutrirá adecuadamente a un animal dado o a un grupo de animales para un fin concreto. "Mitchell" considera que "Una ración es equilibrada para cualquier ani^o mal si contiene todos los nutrientes que aquel necesita en pro^o porciones tales que las funciones fisiológicas que tendrán lu^o gar dentro del animal, puedan proseguir normalmente o en pro^o porciones que sean máximas con respecto a las cantidades de ali^o mento consumido" (3).

Con frecuencia la fórmula alimenticia, que es un resumen de las clases y proporciones de los nutrientes a suministrar, se ca^o lifica de ración.

Las necesidades nutritivas prescribirán la cantidad de cada nutriente esencial que originará una producción máxima con un mínimo de sobrealimentación. Para ser de utilidad práctica, estas asignaciones deben incluir un factor de seguridad de modo tal que las variaciones normales en la composición y en el valor nutritivo de los alimentos así como en la capacidad funcional de los animales, no originen una subalimentación. Desde un punto de vista científico, el factor de seguridad no puede introducirse hasta que se hayan establecido las necesidades mínimas. Por ello el conocimiento de las exigencias mínimas encierran un valor práctico inmediato.

Es igualmente necesario tener un conocimiento real de la composición química, incluidos el contenido mineral y vitamínico de los distintos alimentos disponibles, en orden a su inteligente utilización en la confección de raciones equilibradas para los cerdos (W.E. CARROLL ET al., 1967).

Los estándares de alimentación, no deben aplicarse demasiado rígidamente al formular raciones, porque en la práctica, no se prepara diariamente la mezcla de cada animal. Lo que se pretende es idear una fórmula para preparar en cantidad una mezcla "equilibrada" que sirva para alimentar adecuadamente a todos los animales cuando la cantidad adjudicada a cada uno de ellos, se ajusta a sus necesidades. La fórmula debe ser lo suficientemente flexible como para permitir su acomodación al precio y existencias de los ingredientes; al mismo tiempo debe conservar el necesario equilibrio nutritivo.

La idea de fórmula flexible se debe a una divergencia de la

interpretación tradicional de los modelos de alimentación y aunque en la fabricación comercial de raciones equilibradas han sido frecuentes algunas sustituciones de alimentos, su fundamento, generalmente no ha sido distinto. La idea de la formulación flexible es un avance del concepto de la sustitución de alimentos, nutritivamente legítima y, por lo tanto, no debe sorprender que anteriormente no se haya hecho énfasis en ello. Quizá esta omisión sea una de las razones por la que la industria de los piensos compuestos ha notado en los cursos de especialización en alimentos y alimentación la falta de un puente de unión entre la nutrición fundamental y la alimentación animal práctica, al menos en el sentido de que tales cursos han dado escasa orientación acerca de los problemas de formulación de raciones. (E.W. CRAMPTON, 1974)

La formulación de dietas para cerdos es un tópico de gran importancia en la redacción de un libro de alimentación de cerdos. Los mecanismos actuales para la formulación de dietas, son muchos. Destacando el Cuadrado de Pearson, Doble Cuadrado de Pearson, Soluciones con Espacios Reservados, Soluciones Algebraicas (ecuaciones, matrices, etc.), y la Programación Lineal. (CHURCH, 1980).

II. OBJETIVO

EL OBJETIVO PRIMORDIAL DE ESTE PROGRAMA DE TESIS, ES EL DISEÑAR UN MANUAL PRACTICO EN LA FORMULACION DE RACIONES PARA CERDOS, QUE PUEDA SER UTILIZADO COMO BASE DIDACTICA PARA LA ENSEÑANZA A LOS ALUMNOS DE LA MATERIA DE NUTRICION Y ALIMENTACION ANIMAL DE LA FACULTAD DE ESTUIOS SUPERIORES CUAUTITLAN.

III DESARROLLO DEL TEMA

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad, en México existen pocos trabajos respecto a la elaboración de dietas alimenticias para el ganado. Por lo cual se ha realizado este trabajo de tesis en forma de manual práctico, enfocado a la producción porcina desde un punto de vista nutricional.

El ciclo productivo del cerdo está dividido en diferentes etapas para cada una de las cuales se han ejemplificado los métodos más utilizados en la formulación de raciones, tomando en cuenta que en las distintas etapas del cerdo, varían sus requerimientos nutricionales.

Con este manual se pretende elevar el nivel académico en el área de Nutrición Animal de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, a nivel licenciatura.

1. FORMULACION DE PREMEZCLAS

El término de premezcla se refiere a la combinación de -
pequeñas cantidades de ingredientes de la mezcla total.-

Para la elaboración de las diferentes premezclas, se pue-
den utilizar vitaminas, antibióticos, minerales traza y
otros medicamentos, empleables en la alimentación de los
animales domésticos.

Estas premezclas ocupan una pequeña parte de la mezcla -
total y dentro de esta premezcla muchos ingredientes son
adicionados en pocos gramos y miligramos.

Si se quisiera aplicar dichos ingredientes a la mezcla -
total, se dificultaría obtener una mezcla uniforme, debi-
do a que se utilizan pequeñas cantidades, las cuales no
quedarían repartidas en toda la mezcla.

Existen formas comerciales de premezclas, las cuales ne-
cesitan ser evaluadas antes de recomendarlas ya que no -
todas podrán satisfacer los requerimientos particulares,
en una explotación determinada.

Los diferentes ingredientes y aditivos alimenticios están
siendo cada día más accesibles y su precio se ha reducido
en forma considerable, esto ha encaminado y mejorado la-
eficiencia de las fórmulas caseras.

La evaluación y dosificación de los componentes de las premezclas es de extrema importancia ya que son tóxicos si son dosificados, otros condicionan su absorción a la presencia y cantidad de un tercero. Pero todos se deben encontrar - perfectamente mezclados en la ración si se quiere realmente satisfacer el fin para el cual fueron preparados.

Para la elaboración de las premezclas, se necesitan componentes que actúen como vehículos para facilitar la uniformidad en la mezcla. Como vehículos se pueden utilizar: Cualquier acemite (de trigo, etc.), harinas (soya, girasol,etc), granos triturados, molidos, sales minerales (sal, carbonato de calcio), etc.

La utilización de cualquiera de estos vehículos, dependerá de su disponibilidad, de su forma de presentación (harinas, pelets, triturados, molidos, sales, etc.), y de su precio.

1.1 Formulación de una premezcla Mineral.

Formular una premezcla con minerales traza para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.) Usar 5 Kgs. de la premezcla por tonelada de alimento.

Para poder formular la premezcla, necesitamos conocer los requerimientos del animal para esta etapa (Ver Tabla I), y después deducir dichos requerimientos por tonelada de alimento. Una vez hecho esto, es importante conocer las fuentes de microminerales y su concentración para saber cuales vamos a utilizar (Ver Tabla V); elegida la fuente se procede a encontrar su peso molecular, el porcentaje del nutriente deseado y, por último la cantidad en Kgs. para preparar la premezcla. Esto se debe realizar para cada fuente, como se muestra a continuación:

- a) Cálculo del peso Molecular (Recuerde tomar en cuenta el grado de hidratación):

PESO ATOMICO

Cu	63.54	x 1	=	63.54
S	32.064	x 1	=	32.064
O	15.9994	x 9	=	143.9946
H	1.00797	x 10	=	10.0797

249.6783

PESO MOLECULAR.

b) Cálculo del porcentaje del nutriente deseado:

Si 249.6783 es el 100%, ¿63.54 que porcentaje representa?

$$\begin{array}{rcl} 249.6783 & \text{---} & 100 \\ 63.54 & \text{---} & X \end{array} \quad X = 25.45\%$$

c) Cálculo de la cantidad en Kg. del nutriente:

Si en 1 Kg. de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ hay .2545 Kg. de Cu, ¿en cuantos Kg. de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ hay .006 Kg. de Cu?

$$\begin{array}{rcl} 1,0 & \text{---} & .2545 \\ X & \text{---} & .006 \end{array} \quad X = .02358 \text{ Kg.}$$

* Se hara lo mismo con las demás fuentes.

a) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

PESO ATOMICO

Fe	55.85	x 1	=	55.85
S	32.064	x 1	=	32.064
O	15.9994	x 11	=	175.9934
H	1.00797	x 14	=	14.1116

278.0190

PESO MOLECULAR.

b)

$$\begin{array}{rcl} 278.0190 & \text{---} & 100 \\ 55.85 & \text{---} & X \end{array} \quad X = 20.09\%$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{c)} & 1.0 & \text{---} & .2009 \\
 & X & \text{---} & .140 & X = .69686 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

a) KI.95%

PESO ATOMICO

$$K \ 39.102 \times 1 = 39.102$$

$$I \ 126.90 \times 1 = 126.90$$

$$166.002$$

PESO MOLECULAR

$$\begin{array}{rcl}
 \text{b)} & 166.002 & \text{---} & 100 \\
 & 126.90 & \text{---} & X & X = 76.44\%
 \end{array}$$

Si el KI fuera puro (100%), contendría 76.44% de I, pero esta al 95% y por lo tanto tenemos:

$$\begin{array}{rcl}
 100 & \text{---} & 76.44 \\
 95 & \text{---} & X & X = 72.62\%
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{c)} & 1.0 & \text{---} & .7262 \\
 & X & \text{---} & .00014 & X = .00019 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

a) MnSO4.80%

PESO ATOMICO

$$Mn \ 54.94 \quad \times 1 = 54.94$$

$$S \ 32.064 \quad \times 1 = 32.064$$

$$O \ 15.9994 \quad \times 4 = 63.9976$$

$$151.0016$$

$$\begin{array}{r}
 \text{b)} \quad 151.0016 \text{ ——— } 100 \\
 \quad \quad 54.94 \quad \text{——— } X \quad X = 36.38\%
 \end{array}$$

Si el MnSO_4 fuera puro (100%), contendría 36.38% de Mn, pero esta al 80% y por lo tanto tenemos:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ ——— } 36.38 \\
 80 \text{ ——— } X \quad X = 29.10\%
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{c)} \quad 1.0 \text{ ——— } .2910 \\
 \quad \quad X \text{ ——— } .004 \quad X = .01374 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

a) ZnO .95%

PESO ATOMICO

$$\begin{array}{r}
 \text{Zn} \quad 65.37 \quad x \ 1 = 65.37 \\
 \text{O} \quad 15.9994 \quad x \ 1 = 15.9994
 \end{array}$$

81.3694

PESO MOLECULAR.

$$\begin{array}{r}
 \text{b)} \quad 81.3694 \text{ ——— } 100 \\
 \quad \quad 65.37 \quad \text{——— } X \quad X = 80.34\%
 \end{array}$$

Si el ZnO fuera puro (100%), contendría 80.34% de Zn , pero esta al 95% y por lo tanto tenemos:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ ——— } 80.34 \\
 95 \text{ ——— } X \quad X = 76.32\%
 \end{array}$$

c) 1.0 — .7632
 X — .100 X = .13102 Kg.

*Los resultados obtenidos de cada fuente, están anotados en la siguiente tabla:

NUTRIENTES	REQUERIMIENTOS/ KG. DE ALIMENTO (mg.) *	NIVELES DE SEADOS/TONELADA (g.)	FUENTE DE MINERALES Y SU CONCENTRACION.	CANTIDAD DE CADA FUENTE EN KG.
Cobre (Cu)	6.0	6.0	CuSO ₄ .5H ₂ O (25.45%)	.02358
Fierro (Fe)	140.0	140.0	FeSO ₄ .7H ₂ O (20.09%)	.69686
Iodo (I)	0.14	0.14	KI . 95% (72.62%)	.00019
Manganeso (Mn)	4.0	4.0	MnSO ₄ .80% (29.10%)	.01374
Zinc (Zn)	100.0	100.0	ZnO . 95% (76.32%)	.13102
VEHICULO	.....	.....	c.b.p. 5Kg.	4.13460
TOTAL				5.00000

(*NRC., 1979)

Formular una premezcla con minerales traza para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), Para conocer sus requerimientos y las fuentes a utilizar ver tablas I y V. Usar 5 Kg. de premezcla por tonelada de alimento.

*Los puntos a) y b) de todas las fuentes se calculan igual que en el ejemplo anterior; por lo tanto los valores serán los mismos para estos puntos.

a) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 PESO MOLECULAR 249.6783

b) Porcentaje del nutriente deseado:
 25.45%

c) Cálculo de la cantidad en Kg. del nutriente:

$$\begin{array}{r} 1.0 \text{ ——— } .2545 \\ X \text{ ——— } .003 \quad X = .0118 \text{ Kg.} \end{array}$$

a) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
 PESO MOLECULAR 278.0190

b) 20.09%

c)

$$\begin{array}{r} 1.0 \text{ ——— } .2009 \\ X \text{ ——— } .040 \quad X = .1991 \text{ Kg.} \end{array}$$

a) KI . 95%
 PESO MOLECULAR 166.002

b) 76.44% Si fuera puro (100%)
 72.62% (95%)

c) 1.0 ——— .7262
 X ——— .00014 X = .0002 Kg.

a) MnSO4 . 80%
 PESO MOLECULAR 151.0016

b) 36.38% Si fuera puro (100%)
 29.10% (80%)

c) 1.0 ——— .2910
 X ——— .002 X = .0069 Kg.

a) ZnO . 95%
 PESO MOLECULAR 81.3694

b) 80.34% Si fuera puro (100%)
 76.32% (95%)

c) 1.0 ——— .7632
 X ——— .050 X = .0655 Kg.

*Los resultados obtenidos están anotados en la siguiente tabla:

NUTRIEN TES	REQUERI MIENTOS/ KG. DE ALIMENTO (mg.) *	NIVELES DE SEADOS/TO- NELADA (g.)	FUENTE DE MI CROMINERALES Y SU CONCEN- TRACION.	CANTIDAD DE CADA FUENTE EN KG.
Cobre (Cu)	3.0	3.0	CuSO4.5H2O (25.45%)	0.0118
Fierro (Fe)	40.0	40.0	FeSO4.7H2O (20.09%)	0.1991
Iodo (I)	0.14	0.14	KI . 95% (72.62%)	0.0002
Manganeso (Mn)	2.0	2.0	MnSO4.80% (29.10%)	0.0069
Zinc (Zn)	50.0	50.0	ZnO . 95% (76.32%)	0.0655
VEHICULO	....	....	c.b.p. 5Kg.	4.7165
				<u>5.0000</u>

*(NRC.,1979)

Formular una premezcla con minerales traza para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.). Usar 5 Kg. de premezcla por tonelada de alimento. Para conocer los requerimientos del animal y las fuentes de micro minerales ver tablas I y V.

Formular una premezcla con minerales traza para cerdas _
lactantes jóvenes y adultas. Usar 5 Kg. de premezcla __
por tonelada de alimento. Para conocer los requerimien-
tos del animal y las fuentes de microminerales ver tablas
II y V.

1.2 Formulación de una Premezcla Vitamínica.

Formular una premezcla vitamínica para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.). Usar 5 Kg. de premezcla por tonelada de alimento.

Para formular la premezcla necesitamos conocer los requerimientos del animal para esta etapa (Ver Tabla I), y deducir dichos requerimientos por tonelada de alimento, una vez hecho lo anterior, es necesario conocer las fuentes vitamínicas y su concentración (Ver Tabla VI), para conocer la cantidad en Kg. que debemos de aportar de cada fuente para preparar la premezcla.

Para conocer la cantidad de cada fuente para formar los 5 Kg. de la premezcla; se realizan las siguientes operaciones:

a) "Vit A 20"

$$\begin{array}{r} 20\ 000\ \text{UI} \text{ --- } 1\ \text{g.} \\ 2200\ 000\ \text{UI} \text{ --- } X \\ X = 110\ \text{g./1000} = .110\text{Kg} \end{array}$$

b) "Vit D 50"

$$\begin{array}{r} 50\ 000\ \text{UI} \text{ --- } 1\ \text{g.} \\ 220\ 000\ \text{UI} \text{ --- } X \\ X = 4.4\ \text{g./1000} = .0044\text{Kg} \end{array}$$

c) "Vit E 50"

1 UI de vitamina E es equivalente, en biopotencia, a un miligramo de dl-alfa-acetato de Tocoferol (-- NRC., 1979 WASHINGTON D.C.):

$$\begin{aligned} 1 \text{ UI} & \text{ --- } 1 \text{ mg.} \\ 11 \text{ 000 UI} & \text{ --- } X \quad X = 11 \text{ 000 mg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 50 \text{ g.} & \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\ 11 \text{ g.} & \text{ --- } X \quad X = .22 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

d) "Ribo 100"

$$\begin{aligned} 100 \text{ g.} & \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\ 3 \text{ g.} & \text{ --- } X \\ & X = .030 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

e) "PP 500"

$$\begin{aligned} 500 \text{ g.} & \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\ 22 \text{ g.} & \text{ --- } X \\ & X = .044 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

f) "Panto 100"

$$\begin{aligned} 100 \text{ g.} & \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\ 13 \text{ g.} & \text{ --- } X \\ & X = .130 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

g) "Colina 75"

750 g. — 1 Kg!
 1 100 g. — X
 X = 1.467 Kg.

h) "Cobal 50"

50 mg. — 1 Kg.
 22 mg. — X
 X = .440 Kg.

*Los resultados obtenidos de cada una de las fuentes estan anotados en la siguiente tabla:

NUTRIEN TES	REQUERI MIENTOS/ KG. DE ALIMENTO.	NIVELES SEADOS/ NELADA.	DE FUENTE TO CENTRACION.	Y CON CANTIDAD DE CADA FUENTE EN KG.
*				
Vitamina A	2 200 UI	2200000 UI	"Vit A 20" (20000UI/g.)	0.110
Vitamina D	220 UI	220000 UI	"Vit D 50" (50000UI/g.)	0.0044
Vitamina E	11 UI	11000 UI	"Vit E 50" (50 g./Kg.)	0.220
Riboflavina.	3 mg.	3 g	"Ribo 100" (100 g./Kg.)	0.030
Niacina	22 mg.	22 g.	"PP 500" (500 g./Kg.)	0.044
Ac. Pantoténico.	13 mg.	13 g.	"Panto 100" (100 g./Kg.)	0.130
Colina	1100 mg.	1100 g.	"Colina 75" (750 g./Kg.)	1.467
Vitamina B-12	22 mg.	22 mg.	"Cobal 50" (50 mg./Kg.)	0.440
VEHICULO	.....	.....	Acemite de trigo	2.5546
TOTAL				<u>5.0000</u>

* (NRC., 1979)

Formular una premezcla vitamínica para cerdas lactantes jóvenes y adultas. Usar 5 Kg. de premezcla por tonelada de alimento. Para conocer los requerimientos del animal y las fuentes a utilizar ver tablas II y VI.

Para conocer la cantidad de cada fuente para formar los 5 kg. de premezcla; se realizan las siguientes operaciones:

a) "Vit A 20"

$$\begin{array}{rcl} 20\ 000\ \text{UI} & \text{---} & 1\ \text{g.} \\ 2000\ 000\ \text{UI} & \text{---} & X \\ & & X = .100\ \text{Kg.} \end{array}$$

b) "Vit D 50"

$$\begin{array}{rcl} 50\ 000\ \text{UI} & \text{---} & 1\ \text{g.} \\ 200\ 000\ \text{UI} & \text{---} & X \\ & & X = .004\ \text{Kg.} \end{array}$$

c) "Vit E 50"

$$\begin{array}{rcl} 1\ \text{UI} & \text{---} & 1\ \text{mg.} \\ 10\ 000\ \text{UI} & \text{---} & X \quad X = 10\ 000\ \text{mg.} \\ \\ 50\ \text{g.} & \text{---} & 1\ \text{Kg.} \\ 10\ \text{g.} & \text{---} & X \quad X = .20\ \text{Kg.} \end{array}$$

d) "Ribo 100"

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ g.} \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\
 3 \text{ g.} \text{ --- } X \\
 X = .030 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

e) "PP 500"

$$\begin{array}{r}
 500 \text{ g.} \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\
 10 \text{ g.} \text{ --- } X \\
 X = .020 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

f) "Panto 100"

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ g.} \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\
 12 \text{ g.} \text{ --- } X \\
 X = .120 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

g) "Colina 75"

$$\begin{array}{r}
 750 \text{ g.} \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\
 1 \text{ 250 g.} \text{ --- } X \\
 X = 1.6666
 \end{array}$$

h) "Cobal 50 "

$$\begin{array}{r}
 50 \text{ mg.} \text{ --- } 1 \text{ Kg.} \\
 15 \text{ mg.} \text{ --- } X \\
 X = .300 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

*Los resultados obtenidos se anotan en la siguiente tabla:

NUTRIEN - TES	REQUERI - MIENTOS / KG. DE ALIMENTO	NIVELES DE SEADOS/ TO NELADA.	FUENTE Y CON CENTRACION.	CANTIDAD DE CADA FUENTE EN KG.
------------------	--	--	-----------------------------	--------------------------------------

*

Vitamina A	2 000 UI	2000000 UI	"Vit A 20" (20000UI/g.)	0.100
Vitamina D	200 UI	200000 UI	"Vit D 50" (50000UI/g.)	0.004
Vitamina E	10 UI	10000 UI	"Vit E 50" (50 g./Kg.)	0.200
Riboflavina	3 mg.	3 g.	"Ribo 100" (100 g./kg.)	0.030
Niacina	10 mg.	10 g.	"PP 500" (500 g./Kg.)	0.020
Ac. Pantoténico	12 mg.	12 g.	"Panto 100" (100 g./Kg.)	0.120
Colina	1250 mg.	1250 g.	"Colina 75" (750 g./Kg.)	1.6666
Vitamina B-12	15 µg.	15 mg.	"Cobal 50" (50 mg./Kg.)	0.300
VEHICULO	.....	.....	Acemite de trigo	2.5594
TOTAL				5.0000

*(NRC., 1979)

Formular una premezcla vitamínica para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.). Usar 5 Kg. por tonelada de alimento. Para conocer los requerimientos del animal y las fuentes vitamínicas a utilizar ver tabla I y VI.

Formular una premezcla vitamínica para cerdos en la etapa de crecimiento II (35-60 Kg. de P.V.). Usar 5 Kg. de premezcla por tonelada de alimento. Para conocer los requerimientos del animal y las fuentes a utilizar ver tablas I y VI.

2. Antecedentes y Metodología del Cuadrado de Pearson.

Este método fué desarrollado por Pearson* y se basa en la utilización de un cuadrado para determinar la proporción o porcentaje en que deben mezclarse dos o más alimentos, - un alimento con un concentrado, de tal manera que la mezcla aporte la cantidad de nutriente que requiere el animal o que se desea que esté contenida en la ración que se balancea.

El balanceo se ha hecho por lo general para satisfacer el requerimiento de proteína; sin embargo, la utilidad del método es más amplia, ya que con él se puede balancear -- cualquier nutriente en las raciones de cualquier especie animal.

Gran número de técnicos de diferentes países utilizan el cuadrado de Pearson como herramienta diaria en la formulación de raciones. Además ha sido publicado por varios autores. Como muestra de lo último nos permitimos citar a algunos del continente Americano. En Estados Unidos: Marshall E. McCullough, 1971; Crampton y Harris, 1961; Pre - witt y Nicolai, 1975; en México: Adrián Escobosa, 1971; y en Colombia: Mario Castaño Quintero, 1973.

Este método es muy sencillo, puesto que con sólo dominar las operaciones aritméticas se puede trabajar con rapidez eficiencia y corrección. Para hacer un uso correcto del método se requiere sujetarse, sin embargo, a las siguientes condiciones:

1) Que el contenido del nutriente en uno de los alimentos

* Se desconoce la referencia completa (21)

sea superior al requerimiento y el del otro sea menor a éste.

2) Que los nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal se expresen sobre la misma base de materia seca. Con respecto a éste último punto, conviene hacer las siguientes aclaraciones:

° Cuando se formula para ruminantes, el contenido de nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal deben ser ajustados al 100 por ciento de materia seca.

° Al formular para monogástricos no se requiere hacer el ajuste anterior si se formula con alimentos secos (90% de materia seca aproximadamente)

Metodología para el Cuadrado de Pearson sencillo.

° Definir las características productivas y reproductivas del animal para el que queremos formular.

° Encontrar la composición de los alimentos y del nutriente que se está considerando. Ajustar las cantidades a materia seca si trabaja con ruminantes.

° Dibujar el cuadrado. En el centro de éste anotar lo que requiere el animal.

° En los vértices o esquinas del cuadrado que quedan en el lado izquierdo anotar el contenido del nutriente de los alimentos.

° Restar del requerimiento cada uno de los contenidos de los alimentos. La diferencia de cada uno se debe poner en el vértice del lado derecho y opuesto al valor del nutriente. Las diferencias deben ser anotadas siempre con signo positivo.

° Como siguiente paso se procede a sumar las diferencias y después a dividir cada una de ellas entre la suma; el resultado se multiplica por 100. Cada uno de los resulta

dos corresponde al alimento que se encuentre en el lado izquierdo del cuadrado, pero a la misma altura del valor calculado. Con esto habremos determinado la proporción o porcentaje en que debe mezclarse los dos alimentos para satisfacer el requerimiento del nutriente que se consideró al formular.

Metodología para el doble cuadrado de Pearson.

- ° Definir las características productivas y reproductivas del animal para el que queremos formular.
- ° Encontrar la composición de los alimentos en los nutrientes que se están considerando (dos nutrientes)
- ° Aplicación del cuadrado de Pearson, en una primera mezcla para obtener el valor del primer nutriente deseado, y un valor mayor al requerido del segundo nutriente.
- ° Aplicación del cuadrado de Pearson, en una segunda mezcla para obtener el valor del primer nutriente, y un valor menor al requerido del segundo nutriente.
- ° Con los valores mayor y menor del segundo nutriente, se procede a formular un tercer cuadrado, para encontrar el valor requerido del segundo nutriente.
- ° Por último se deduce el porcentaje de los ingredientes incluidos en la formulación.

2.1 Cuadrado de Pearson sencillo (una necesidad).

Formular una dieta alimenticia para cerdos reproductores (cerdas lactantes jóvenes y adultas), que contenga 13% de Proteína Cruda (Ver tabla II). Utilizando maíz y heno de alfalfa.

a) La mezcla se trabaja en base a 97%, debido a que el 3 % restante del 100% total, se ocupara con premezcla mineral y vitamínica, .5% de cada una de ellas, y 2% de -- fosfato dicalcico como complemento de calcio y fósforo.

b) Al realizar los calculos al 97%, se deberá corregir el porcentaje de proteína cruda, y esto se logra de la siguiente manera:

$$13\% \text{ P.C.} / .97 = 13.4\% \text{ P.C.}$$

c) Aplicación del Cuadrado de Pearson. Se resta el valor de proteína cruda del maíz y del heno de alfalfa, al porcentaje de proteína corregida requerida por el animal los resultados se suman y se obtienen las partes totales:

H. Alfalfa	16.7	4.6 partes de alfalfa.
	(-) 13.4	(+)
Maíz	<u>8.8</u>	<u>3.3</u> partes de maíz
	7.9	7.9 partes totales

El resultado de las partes obtenidas debe checar con el resultado de la resta entre los valores nutricionales de

Cuadrado de Pearson sencillo (una necesidad).

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), cuyo requerimiento proteico es de 18% P.C. (Ver Tabla I). Se cuenta para la alimentación con avena y harina de girasol.

a) $100\% - 3\% = 97\%$

b) $18\% \text{P.C.} / .97 = 18.55\% \text{P.C.}$

c) Aplicación del cuadrado:

Girasol	41.0	
		6.75 partes de girasol
	(-)	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> 18.55 </div>
		(+)
Avena	<u>11.8</u>	<u>22.45</u> partes de avena
	29.2	29.20 partes totales

d) % Harina de girasol $6.75/29.2 \times 100 = 23.11\%$

% Avena $22.45/29.2 \times 100 = 76.89\%$

e) $23.11\% \text{ ——— } 100\%$ $76.89\% \text{ ——— } 100\%$

X ——— 97% X ——— 97%

X = 22.41% H. de girasol X = 74.59% Avena

f) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE
Harina de girasol	22.41	41.0	9.20
Avena	74,59	11.8	8.80
Prem. Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		18.00

Formular una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento II (35-60 Kg. de P.V.), que contenga 14% de P.C. (Ver Tabla I). Se cuenta para la formulación con sorgo y harina de pescado (Ver tablas de composición de alimentos en los anexos). Resolver por Cuadrado de Pearson.

Formular una dieta alimenticia para cerdos reproductores (cerdas de cría; verracos jóvenes y adultos), que contenga 12% P.C. (Ver Tabla II). Contando con los siguientes ingredientes: Sorgo (8.9% P.C.) y heno de alfalfa (16.7% P.C.) (Ver tabla de composición de alimentos en los anexos). Resolver por Cuadrado de Pearson.

2.2 Doble Cuadrado de Pearson.

Formular una dieta alimenticia para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), que contenga 18% de P.C. y 3,160 Kcal. de E.M. (Ver Tabla I). Para poderla realizar contamos con los siguientes ingredientes:

a) INGREDIENTES	%P.C.	E.M. Kcal
Maiz	8.8	3325
Harina de soya	44.0	3090
Cebada	11.6	2876
Harina de algodón	41.0	2565

b) Al 100% se le debe restar un 3% el cual equivale a: 2% de fosfato dicalcico, .5% de premezcla mineral y .5% de premezcla vitamínica, que se le añadirán al final de la mezcla:

$$100\% - 3\% = 97\%$$

Al realizar la mezcla al 97%, se debe corregir el porcentaje de P.C. y la cantidad de Kcal. de la E.M.:

$$18\%P.C./\cdot 97 = 18.55\%P.C. \quad 3160/0.97 = 3257 \text{ Kcal E.M.}$$

c) Se seleccionaran los ingredientes para formar dos -- mezcla; una que posea un valor igual al requerido de proteína cruda (18.55%P.C.) y que contenga un valor mayor de 3257 Kcal. E.M., y la otra mezcla debe contener un valor protefco igual al requerido y un valor menor de E.M. al requerido:

Mezcla # 1

18.55% P.C. y ↑ 3257 Kcal E.M.

Maíz y harina de soya.

Mezcla # 2

18.55% P.C. y ↓ 3257 Kcal E.M.

Cebada y harina de algodón

d) Aplicación de Cuadrado de Pearson en la primera mezcla, para obtener el porcentaje por ingrediente para proteína cruda:

Soya	44.0	9.75 partes de soya
(-)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">18.55</div>	(+)
Maíz	<u>8.8</u>	<u>25.45</u> partes de maíz
	35.2	35.20 partes totales

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ harina de soya } 9.75/35.2 \times 100 = 27.70\%$$

$$\% \text{ Maíz } 25.45/35.2 \times 100 = 72.30\%$$

Aporte energetico:

$$\text{E.M. de la H. de soya } .2770 \times 3090 = 856$$

$$\text{E.M. del maíz } .7230 \times 3325 = \underline{2404}$$

3260 Kcal E.M.

Mezcla # 1 18.55% P.C. y 3260 Kcal E.M.

e) Aplicación del segundo Cuadrado de Pearson, para la segunda mezcla:

Algodón 41.0		6.95 partes de algodón
(-)	18.55	(+)
Cebada <u>11.6</u>		<u>22.45</u> partes de cebada,
29.4		29.40 partes totales

Expresado en porcentaje:

% Harina de algodón $6.95/29.4 \times 100 = 23.64\%$
 % Cebada $22.45/29.4 \times 100 = 76.36\%$

Aporte energetico:

E.M. del algodón $.2364 \times 2565 = 606$
 E.M. de la Cebada $.7636 \times 2876 = \underline{2196}$
2802 Kcal E.M.

Mezcla # 2 18.55% P.C. y 2802 Kcal E.M.

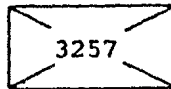
f) Una vez establecidas las dos mezclas, utilizaremos otro Cuadrado de Pearson, para resolver la tercera mezcla que nos dara la fórmula buscada (18.55% P.C. y 3257 Kcal E.M.). Está se formula aplicando los valores de -- energía, de las mezclas a un tercer Cuadrado de Pearson:

Mezcla # 1 3260		455 partes de mezcla
		# 1
(-)	3257	(+)

Mezcla # 1 3260

455 partes de mezcla 1

(-)



(+)

Mezcla # 2 2802
458

3 partes de mezcla 2
458 partes totales

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ Mezcla \# 1 } \quad 455/458 \times 100 = 99.34\%$$

$$\% \text{ Mezcla \# 2 } \quad 3/458 \times 100 = 0.66\%$$

g) Los porcentajes obtenidos estan en base a 100%, es -
tos se deben corregir a 97% :

$$99.34\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 97\%$$

$$X = 96.36\% \text{ mezcla \# 1}$$

$$0.66\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 97\%$$

$$X = 0.64\% \text{ Mezcla \# 2}$$

h) Se deben obtener los porcentajes de cada ingrediente
esto se logra mediante las siguientes operaciones:

$$96.36\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 27.70\%$$

$$X = 26.69\% \text{ H. de soya}$$

$$96.36\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 72.20\%$$

$$X = 69.67\% \text{ Maiz.}$$

$$0.64\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 23.64\%$$

$$X = 0.15\% \text{ H. algod6n}$$

$$0.64\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 76.36\%$$

$$X = 0.49\% \text{ Cebada}$$

i) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
H. de soya	26.69	44.0	11.74	3090	825
Maíz	69.67	8.8	6.13	3325	2317
H. de algodón	0.15	41.0	0.07	2565	4
Cebada	0.49	11.6	0.06	2876	14
Prem. Min./Vit.	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		18.00		3160

Doble Cuadrado de Pearson.

Formular una ración alimenticia que contenga 16% P.C. y 3,175 Kcal. de E.M. (Ver Tabla I), para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.). Para su elaboración contamos con:

a)	INGREDIENTES	%P.C.	E.M.Kcal
	Maíz	8.8	3325
	Trigo	12.7	3277
	Harina de cacahuete	45.8	3244
	Harina de girasol	41.0	2715

b) $100\% - 3\% = 97\%$

$16\% \text{ P.C.} / .97 = 16.49\% \text{ P.C.}$ $3175 / .97 = 3273 \text{ Kcal EM}$

c) Mezcla # 1

• $16.49\% \text{ P.C. y } \uparrow 3273 \text{ Kcal E.M.}$

Maíz y harina de cacahuete

Mezcla # 2

$16.49\% \text{ P.C. y } \downarrow 3273 \text{ Kcal E.M.}$

Trigo y harina de girasol.

d) Primer cuadrado mezcla # 1

Cacahuete	45.8	16.49	7.69 partes de cacahua
	(-)		(+) te:
Maíz	<u>8.8</u>		<u>29.31</u> Partes de maíz
	37.0		37.00 partes totales

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ H. de cacahuate } 7.69/37 \times 100 = 20.78\%$$

$$\% \text{ Maíz } 29.31/37 \times 100 = 79.22\%$$

Aporte energetico:

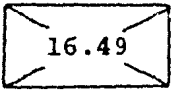
$$\text{E.M. de Harina de cacahuate } .2078 \times 3244 = 674$$

$$\text{E.m. del maíz } .7922 \times 3325 = \underline{2634}$$

3308 Kcal

Mezcla # 1 16,49% P.C. y 3308 Kcal E.M.

e) Segundo cuadrado, mezcla # 2 :

Girasol	41.0		3.79 partes de girasol
	(-)		(+)
Trigo	<u>12.7</u>		<u>24.51</u> partes de trigo
	28.3		28.30 partes totales

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ Harina de girasol } 3.79/28.3 \times 100 = 13.39\%$$

$$\% \text{ trigo } 24.51/28.3 \times 100 = 86.61\%$$

Aporte energetico:

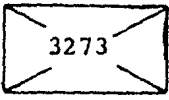
$$\text{E.M. Harina de girasol } .1339 \times 2715 = 364$$

$$\text{E.M. trigo } .8661 \times 3277 = \underline{2838}$$

3202 Kcal

Mezcla # 2 16.49% P.C. y 3,202 Kcal E.M.

f) tercer cuadrado para energía:

Mezcla # 1	3308		71
	(-)		(+)
Mezcla # 2	<u>3202</u>		<u>35</u>
	106		106 partes totales

Expresado en porcentaje:

$$\% \text{ Mezcla \# 1} \quad 71/106 \times 100 = 66.98\%$$

$$\% \text{ Mezcla \# 2} \quad 35/106 \times 100 = 33.02\%$$

g)

66.98% ——— 100%	33.02% ——— 100%
X ——— 97%	X ——— 97%
X = 64.97% Mezcla # 1	X = 32.03% Mezcla # 2

h) Porcentaje por ingrediente:

64.97% ——— 100%	64.97% ——— 100%
X ——— 20.78%	X ——— 79.22%
X = 13.50% H. cacahuete	X = 51.47% Maiz

32.03% ——— 100%	32.03% ——— 100%
X ——— 13.39%	X ——— 86.61%
X = 4.29% H. girasol	X = 27.74% Trigo

i) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
H. cacahuete	13.50	45.8	6.18	3244	438
Mafz	51.47	8.8	4.53	3325	1711
H. de girasol	4.29	41.0	1.76	2715	117
Trigo	27.74	12.7	3.53	3277	909
Prem. Min./Vit.	1,00	....	.....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>.....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		16:00		3175

Formular una dieta para cerdos en la etapa de finaliza -
ción (60-100Kg. de P.V.), cuyos requerimientos son de 13%
P.C. y 3,195 Kcal E.M. (Ver Tabla I). Para su realiza--
ción contamos con los siguientes ingredientes (Ver tabla
de composición de alimentos): Maiz, harina de cacahuete,
sorgo y harina de algodón. Resolver por Doble Cuadrado -
de Pearson.

Formular una dieta para cerdos reproductores (cerdas de cría; verracos jóvenes y adultos), que contenga 12% P.C. y 3,200 Kcal E.M. (Ver Tabla II). Contamos con los siguientes ingredientes: Maiz, harina de cacahuete, trigo y harina de soya (Ver tabla de composición de alimentos). Resolver por Doble Cuadrado de Pearson.

3. Antecedentes y metodología de las ecuaciones algebraicas.

El Algebra es una rama de las matemáticas inventada por los griegos. Según Miguel del Toro (21) (1970) corresponde a Diofante de Alejandría el tratado de álgebra más antiguo que se conoce. El mismo autor nos informa que fueron los árabes, a través de Mohamed ben Musa, quienes introdujeron esta disciplina a Europa en el año 950 de nuestra era.

Podría parecer extraño que conozcamos datos de tal antigüedad, y por otra parte se desconozca quién, y cuándo, empezó a utilizar las ecuaciones simultáneas en la formulación de raciones.

Con ayuda del álgebra podemos formular raciones que satisfagan los requerimientos de dos o más nutrientes, dependiendo esto del número de ecuaciones simultáneas que se establezcan y de la forma en que se resuelvan. Si el valor de las incógnitas se obtiene por sustitución, igualación o suma y resta, sólo podemos resolver como máximo un sistema de tres ecuaciones simultáneas. Sistemas más complejos los podemos resolver por determinantes.

Antes de escribir la metodología que vamos a usar para establecer las ecuaciones y para la solución, señalaremos los requisitos que debemos satisfacer para formular adecuadamente:

° Que el contenido de nutrientes de algunos alimentos con los que se quiere formular sea superior al requerimiento del animal y el de otros sea menor a éste.

° Que el contenido de nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal se expresen en las mismas unidades

Metodología para formular las ecuaciones:

Una vez que contamos con los requerimientos nutricionales del animal y el contenido de nutrientes de los alimentos con los que queremos formular procedemos a hacer lo siguiente:

° Establecemos la primera ecuación igualando la suma de las incógnitas a 100, si queremos formular en base a porcentaje. O bien, igualamos la suma de los productos de cada incógnita por el contenido de materia seca de los alimentos que representan con los Kg. de materia seca que se requieren, si queremos formular en base a lo que debe ingerir el animal por día.

° Las siguientes ecuaciones las establecemos en la misma forma se trata de obtener las cantidades de cada alimento en porcentaje de la ración o como parte de los Kg. de materia seca de los que requiere el animal por día. Esto quiere decir que cada incógnita se multiplica por la cantidad o por ciento del nutriente que contiene el alimento que representan y la suma de los productos se iguala al requerimiento del nutriente considerado.

Metodología para resolver ecuaciones algebraicas.

La solución de cualquier sistema de ecuaciones simultáneas se puede obtener por cualquiera de las formas siguientes: sustitución, suma o resta, igualación, o por determinantes. A continuación presentamos los pasos metodológicos

cos en la solución del mismo sistema de dos ecuaciones si multáneas con cada una de las formas mencionadas.

Supongamos que contamos con el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} X + Y &= 1 \dots\dots\dots (1) \\ 10 X + 40Y &= 20 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

Solución para sustitución:

Esta forma nos permite eliminar una de las incógnitas mediante la sustitución de ella por el valor que le corresponda al despejarla en una de las ecuaciones.

° Lo primero que tenemos que hacer por tanto es despejar una de las incógnitas en la primera ecuación y después sustituirla por su valor en la segunda ecuación.

Despejando "X" en la ecuación número uno:

$$X = 1 - Y \dots\dots\dots (3)$$

Sustituyendo el valor de "X" de la ecuación tres en la ecuación dos tenemos:

$$10(1 - y) + 40 Y = 20 \dots\dots\dots (4)$$

° Consiste en multiplicar por 10 lo encerrado en el paréntesis de la ecuación número cuatro.

Después tenemos que hacer la suma algebraica y al final _____

despejar "Y" y obtener el valor que le corresponde.

Esto se sumariza como sigue:

$$10 - 10Y + 40Y = 20 \dots\dots\dots (5)$$

Sumando algebraicamente tenemos :

$$30 Y = 20 - 10 \dots\dots\dots (6)$$

Ahora despejando "Y" obtenemos su valor:

$$Y = 10/30 = .333$$

° Una vez que se ha obtenido el valor de "Y" sustituimos su valor en la primera ecuación y así podemos obtener el valor de "X".

$$X + .333 = 1$$

De donde:

$$X = 1 - .333 = .667$$

Solución por suma o resta.

En este tipo de solución hay que eliminar una de las incógnitas del sistema de las ecuaciones algebraicas, multiplicando cada ecuación por un número tal, que el coeficiente de la incógnita que queremos eliminar sea igual en cada una de las ecuaciones .

° Con el sistema de ecuaciones que estamos trabajando só

lo tenemos que multiplicar por 10 la primera ecuación para que el coeficiente de las "X" en ambas ecuaciones sea el mismo. Haciendo esto tenemos que la primera ecuación nos queda:

$$10X + 10Y = 10 \dots\dots\dots (3)$$

° En seguida hay que restar de la ecuación dos la número tres y así despejar "Y" y encontrar su valor.

Esto lo presentamos así:

$$\begin{array}{r} 10X + 40Y = 20 \dots\dots\dots (2) \\ - \quad 10X + 10Y = 10 \dots\dots\dots (3) \\ \hline 30Y = 10 \end{array}$$

De donde:

$$Y = 10/30 = .333$$

Una vez que contamos con el valor de "Y" procedemos a hacer lo mismo con la forma de sustitución; es decir en la primera ecuación ponemos en lugar de "Y" su valor, para obtener el de "X".

Solución por el método de igualación.

Esta forma nos permite eliminar una de las incógnitas mediante la igualación de las dos ecuaciones, previo despeje.

° Lo primero que tenemos que hacer es despejar una de las incógnitas en las dos primeras ecuaciones.

Despejando "X" en las dos primeras ecuaciones:

$$X = 1 - Y \dots\dots\dots (3)$$

$$X = \frac{20 - 40Y}{10} \dots\dots (4)$$

Igualando ecuación 3 con la ecuación 4 tenemos:

$$\frac{1 - Y}{1} = \frac{20 - 40Y}{10}$$

° Consiste en multiplicar el valor 10 por 1 - Y y multiplicar el valor 1 por 20 - 40Y para despejar "Y" y obtener su valor.

Esto se sumaria como sigue:

$$10(1 - Y) = 1(20 - 40Y)$$

Quedando como sigue:

$$10 - 10Y = 20 - 40Y$$

Sumando algebraicamente tenemos:

$$30Y = 10$$

Despejando Y obtenemos su valor:

$$Y = 10/30 = .333$$

° El último paso es igual que en el ejercicio anterior.

Solución por el método de Determinantes.

Este método consiste en formar matrices (del sistema, de la primera y segunda incógnita), tomando los valores de los coeficientes de las incógnitas y los valores de los términos independientes para formarlas. Dividiendo el resultado de las matrices de las incógnitas, por separado entre el determinante del sistema para encontrar los valores de di-

chas incógnitas.

Supongamos que contamos con el siguiente sistema de ecuaciones:

$$3X + 6Y = 4 \dots\dots\dots (1)$$

$$10X + 5Y = 8 \dots\dots\dots (2)$$

° Se toman los coeficientes de las incógnitas y se forma la matriz:

$$\Delta_s \begin{vmatrix} 3 & 6 \\ 10 & 5 \end{vmatrix} \begin{matrix} (-) \\ (+) \end{matrix}$$

Se calcula su determinante, mediante la multiplicación de los coeficientes en cruz, siguiendo el sentido de las flechas y al resultado se le designa el signo correspondiente, posteriormente los dos resultados se suman y se obtiene el determinante del sistema:

$$\Delta_s \begin{vmatrix} 3 & 6 \\ 10 & 5 \end{vmatrix} = 15 - 60 = - 45$$

° Para encontrar la primera incógnita, se sustituyen los términos independientes en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incógnita y se forma una matriz, posteriormente se calcula su determinante en la misma forma que en la anterior:

$$\Delta x \begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 8 & 5 \end{vmatrix} = 20 - 48 = -28$$

° Posteriormente se divide el determinante de la matriz "X" entre el determinante del sistema, para encontrar el valor de la primera incógnita:

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta s} = \frac{-28}{-45} = .622$$

° Para encontrar la segunda incógnita, se sustituyen los términos independientes en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incógnita y se forma una matriz, posteriormente se calcula su determinante en la misma forma que en las anteriores:

$$\Delta y \begin{vmatrix} 3 & 4 \\ 10 & 8 \end{vmatrix} = 24 - 40 = -16$$

° Posteriormente se divide el determinante de la matriz "Y" entre el determinante del sistema y se encuentra el valor de la segunda incógnita:

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta s} = \frac{-16}{-45} = .355$$

° Para la comprobación se sustituyen los valores de las incógnitas en cualquiera de las dos primeras ecuaciones:

En la primera ecuación :

$$3X + 6Y = 4$$

$$3(.622) + 6(.355) = 4$$

$$1.87 + 2.13 = 4$$

$$4 = 4$$

3.1 Sistema de ecuaciones con dos incógnitas para una necesidad. Método de sustitución.

Formular una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento II (35-60 Kg. de P.V.), con un valor proteico de 14% P.C. (Ver Tabla I). Se cuenta para la alimentación con Sorgo (8.9% P.C.) y Harina de pescado (63.2% P.C.).

a) La mezcla se trabaja en base 97%, debido a que el 3% restante del 100% total, se ocupara con premezclas mineral y vitamínica, .5% de cada una de ellas, y un 2% de fosfato dicalcico como complemento de calcio y fósforo.

b) Planteamiento. Se le asigna una incógnita a cada porcentaje de proteína cruda, de los ingredientes utilizados y se forman las ecuaciones:

$$"X" = 8.9\% \text{ P.C. Sorgo}$$

$$"Y" = 63.2\% \text{ P.C. Harina de pescado.}$$

$$8.9 X + 63.2 Y = 14 \dots\dots \text{ec. 1}$$

$$X + Y = .97 \dots\dots \text{ec. 2}$$

c) Se despeja "X" en la segunda ecuación y se sustituye el valor en la primera:

$$X + Y = .97$$

$$X = .97 - Y$$

$$8.9 X + 63.2 Y = 14$$

$$8.9(.97 - Y) + 63.2 Y = 14$$

$$8.63 - 8.9 Y + 63.2 Y = 14$$

$$54.3 Y = 5.37$$

$$Y = 5.37/54.3$$

$$Y = .0989$$

d) Se sustituye el valor de "Y" en la primera ecuación para obtener el valor de "X" :

$$\begin{aligned}8.9 X + 63.2 Y &= 14 \\8.9 X + 63.2(.0989) &= 14 \\8.9 X &= 14 - 6.25 \\X &= 7.75/8.9 \\X &= .8711\end{aligned}$$

e) Para realizar la comprobación, se debe de sustituir el valor de "X" y de "Y" en cualquiera de las dos primeras ecuaciones:

En la primera ecuación:

$$\begin{aligned}8.9(.8711) + 63.2(.0989) &= 14 \\7.75 + 6.25 &= 14 \\14 &= 14\end{aligned}$$

f) Las partes de cada ingrediente se deben de expresar en porcentaje, esto se logra multiplicando el valor de "X" y de "Y" por 100:

$$\begin{aligned}\% \text{ Sorgo} & .8711 \times 100 = 87.11\% \\ \% \text{ Harina pescado} & .0989 \times 100 = 9.89\%\end{aligned}$$

g) Determinados los porcentajes de cada ingrediente o grupo de ingredientes, se procede a verificar el aporte de P.C. en la mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE
Sorgo	87.11	8.9	7.75
Harina de pescado	9.89	63.2	6.25
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		14.00

Sistema de ecuaciones con dos incógnitas para una necesidad. Método de Sustitución.

Formular una ración para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), que contenga 18% P.C. (Ver tabla I). Para su elaboración contamos con: Avena y harina de girasol.

a) $100\% - 3\% = 97\%$

b) "X" = 41.0% P.C. Girasol

"Y" = 11.8% P.C. Avena

$$41 X + 11.8 Y = 18$$

$$X + Y = .97$$

c) $X + Y + .97$

$$X = .97 - Y$$

$$41 X + 11.8 Y = 18$$

$$41(.97 - Y) + 11.8 Y = 18$$

$$39.77 - 41 Y + 11.8 Y = 18$$

$$- 29.2 Y = - 21.77$$

$$Y = - 21.77 / - 29.2$$

$$Y = .7455$$

d) $41 X + 11.8 Y = 18$

$$41 X + 11.8(.7455) = 18$$

$$41 X = 18 - 8.8$$

$$X = 9.2/41$$

$$X = .2245$$

e) $41(.2245) + 11.8(.7455) = 18$

$$9.2 + 8.8 = 18$$

$$18 = 18$$

f) % Harina de girasol .2245 x 100 = 22.45%
 % Avena .7455 x 100 = 74.55%

g) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE
Harina de girasol	22.45	41.0	9.20
Avena	74.55	11.8	8.80
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		18.00

Formular una dieta para cerdos reproductores (cerdas lactantes juvenes y adultas), que contenga 13% P.C. (Ver Tabla II). Para su formulación contamos con maíz y heno de alfalfa (Ver tabla de composición de alimentos). Resolver por sistema de ecuaciones con dos incógnitas para una necesidad. Método de Sustitución.

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), que contenga un valor proteico de 16% P.C. (Ver Tabla I). Contando con los siguientes ingredientes: Mezcla (7.76%P.C.) de sorgo 80% y melaza 20%, y pasta de soya (44.0%P.C.) (Ver Tablas de composición de alimentos). Resolver por sistema de ecuaciones con dos incognitas para una necesidad. Método de Sustitución.

3.2 Sistema de ecuaciones simultáneas, por el método de "IGUALACION". Para dos necesidades.

Formular una ración para cerdos en la etapa de crecimiento II (35-60 Kg. de P.V.), que contenga 14% de P.C. y 3,190 Kcal de E.M. (Ver Tabla I).

a) INGREDIENTES	%P.C.	E.M.Kcal
Maíz	8.8	3325
Trigo	8.9	3277
Harina de cacahuete	45.8	3244

b) Al 100% se le restara un 3%, equivalente a los ingredientes que añadiremos al final de la mezcla, como complemento mineral y vitamínico.

$$100\% - 3\% = 97\%$$

Al realizar la mezcla al 97 %, se debe corregir el porcentaje de proteína cruda y la cantidad de Kcal. de energía metabolizable:

$$14\%P.C./0.97 = 14.43\% P.C. \quad 3190/0.97 = 3288 \text{ Kcal E.M}$$

c) Se seleccionan los ingredientes para formar dos mezclas; una que contenga un valor proteico menor al requerido y mayor en energía metabolizable, y la otra mezcla debe tener un valor proteico mayor y menor en energía al requerido. El porcentaje por ingrediente se escoge al azar, respetando lo anterior:

$$\begin{aligned}
47633.43 - 151185.8 Y &= 35346 - 34873 Y \\
- 116312.8 Y &= - 12287.43 \\
Y &= - 12287.43 / - 116312.8 \\
Y &= .1057
\end{aligned}$$

g) Se sustituye el valor de "Y" en la primera ecuación y se despeja "X", para encontrar su valor:

$$\begin{aligned}
10.75 X + 45.8(.1057) &= 14.43 \\
10.75 X &= 14.43 - 4.84 \\
X &= 9.59/10.75 \\
X &= .8921
\end{aligned}$$

h) Para la comprobación se sustituye el valor de "X" y "Y" en cualquiera de las dos primeras ecuaciones:

En la primera ecuación:

$$\begin{aligned}
10.75(.8921) + 45.8(.1057) &= 14.43 \\
9.59 + 4.84 &= 14.43 \\
14.43 &= 14.43
\end{aligned}$$

i) Los valores obtenidos se expresan en porcentaje y se corrigen al 97% de la mezcla total:

$$\begin{aligned}
\% Mezcla & .8921 \times 100 = 89.21\% \\
\% Harina cacahuete & .1057 \times 100 = 10.57\%
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}
89.21\% & \text{---} & 100\% \\
X & \text{---} & 97\% \\
X = 86.54\% & & \text{Mezcla}
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rcl}
10.57\% & \text{---} & 100\% \\
X & \text{---} & 97\% \\
X = 10.25\% & & \text{Cacahuete}
\end{array}$$

j) Se debe de obtener el porcentaje de cada ingrediente esto se logra de la siguiente manera:

86.54% ——— 100%	86.54% ——— 100%
X ——— 50%	X ——— 50%
X = 43.27% Mafz	X = 43.27% Trigo

k) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Mafz	43.27	8.8	3.81	3325	1439
Trigo	43.27	12.7	5.50	3277	1418
Harina cacahuete	10.25	45.8	4.69	3244	333
Premezclas Min./Vit.	1.00	.....	.....	.....	.....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	.....	<u>.....</u>	.....	<u>.....</u>
TOTAL	99.79		14.00		3190

Formular una dieta para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), que contenga 18% P.C. y 3,160 Kcal E.M. (Ver Tabla I). Resolver por el método de "IGUALA -- CION".

a)	INGREDIENTES	% Mezcla	%P.C. E.M.Kcal
	Sorgo	95.0	
	Leche entera seca	5.0	(Ver Tabla de com posición de ali- mentos.)
	Harina de soya	....

3.3 Sistema de ecuaciones simultáneas, por el método de "MULTIPLICACION". Para dos necesidades.

Formular una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), que contenga 16% P.C. y 3,175 Kcal E.M. (Ver Tabla I).

a)	INGREDIENTES	%P.C.	E.M.Kcal
	Mafz	8.8	3325
	Pulido de arroz	12.2	3000
	Harina de cacahuete	45.8	3244
	Harina de pescado	63.2	2398

b) $100\% - 3\% = 97\%$
 $16\%P.C./0.97 = 16.49\% P.C.$ $3175/0.97 = 3273 \text{ Kcal EM}$

c) Mezcla # 1

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	EM.Kcal	APORTE
Mafz	90.0	8.8	7.92	3325	2992
Pulido de arroz	<u>10.0</u>	12.2	<u>1.22</u>	3000	<u>300</u>
	100.0		9.14		3292

Mezcla # 2

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	EM.Kcal	APORTE
Harina cacahuete	95.0	45.8	43.51	3244	3082
Harina pescado	<u>5.0</u>	63.2	<u>3.16</u>	2398	<u>120</u>
	100.0		46.67		3202

d) Planteamiento:

"X" = Valores de la mezcla # 1

"Y" = Valores de la mezcla # 2

$$9.14 X + 46.67 Y = 16.49 \dots\dots \text{ec. 1}$$

$$3292 X + 3202 Y = 3273 \dots\dots \text{ec. 2}$$

e) Se determinará el valor que multiplicado por toda la primera ecuación y sumado a la segunda ecuación, elimine a una de la incognitas, en este caso "X" :

$$9.14 R + 3292 = 0 \qquad \text{"R" = Factor o valor}$$

$$9.14 R = - 3292 \qquad \text{buscado}$$

$$R = - 3292/9.14$$

$$R = - 360.17$$

f) Se multiplica el factor o valor "R" por la primera ecuación:

$$\cdot - 360.17(9.14 X + 46.67 Y = 16.49)$$

$$- 3292 X - 16809 Y = - 5939 \dots\dots \text{ec. 3}$$

g) Se iguala la tercera ecuación con la segunda y se despeja "Y":

$$- 3292 X - 16809 Y = - 5939$$

$$\underline{3292 X + 3202 Y = 3273}$$

$$0 \quad - 13607 Y = - 2666$$

$$Y = - 2666/- 13607$$

$$Y = .1959$$

h) Se sustituye el valor de "Y" en la primera ecuación para encontrar el valor de "X" :

$$9.14 X + 46.67(.1959) = 16.49$$

$$9.14 X = 16.49 - 9.14$$

$$X = 7.35/9.14$$

$$X = .8042$$

i) Comprobación(en la primera ecuación):

$$9.14(.8042) + 46.67(.1959) = 16.49$$

$$7.35 + 9.14 = 16.49$$

$$16.49 = 16.49$$

j) Los valores obtenidos se expresan en porcentaje y se corrigen al 97% :

$$\% \text{ Mezcla \# 1 } .8042 \times 100 = 80.42\%$$

$$\% \text{ Mezcla \# 2 } .1959 \times 100 = 19.59\%$$

$$80.42\% \text{ ——— } 100\% \qquad 19.59\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 97\% \qquad X \text{ ——— } 97\%$$

$$X = 78.01\% \text{ Mezcla 1 } \quad X = 19.00\% \text{ Mezcla 2}$$

k) Porcentaje por ingrediente:

$$78.01\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 90\%$$

$$X = 70.21\% \text{ Maíz}$$

$$78.01\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 10\%$$

$$X = 7.80\% \text{ P. de arroz}$$

$$19.0\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 95\%$$

$$X = 18.05\% \text{ H. cacahuete}$$

$$19.0\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 5\%$$

$$X = 0.95\% \text{ H. pescado}$$

1) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Mafz	70.21	8.8	6.18	3325	2333
Pulido de arroz	7.80	12.2	0.95	3000	234
Harina de cacahuatel	18.05	45.8	8.27	3244	585
Harina de pescado	0.95	63.2	0.60	2398	23
Prem. Min./Vit.	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.01		16.00		3175

Formular una ración alimenticia para cerdos reproductores (Cerdas lactantes jóvenes y adultas), cuyos requerimientos son de 13% de P.C. y 3,195 Kcal de E.M. (Ver Tabla II). Resolver por el método de "MULTIPLICACION".

a) INGREDIENTES	%Mezcla	%P.C.	E.M.Kcal
Pulido de arroz	5.0		
Maíz	<u>95.0</u>		
	100.0	(Ver Tablas de composición de alimentos.)	
Harina de soya	90.0		
Harina de pescado	<u>10.0</u>		
	100.0		

3.4 Sistema de ecuaciones simultáneas, por el método de "DETERMINANTES". Para dos necesidades.

Formular una dieta para cerdos reproductores (cerdas de cría; verracos jóvenes y adultos), que contenga 12% P.C. y 3,200 Kcal E.M. (Ver Tabla II).

a)	INGREDIENTES	%P.C.	E.M. Kcal
	Maíz	8.8	3325
	Trigo	12.7	3277
	Harina de soya	44.0	3090

b) $100\% - 3\% = 97\%$

$12\%P.C./ .97 = 12.37\% P.C.$ $3200/.97 = 3299$ Kcal EM

c)	Mezcla	%	%P.C.	APORTE	EM.Kcal	APORTE
	Maíz	70.0	8.8	6.16	3325	2327
	Trigo	<u>30.0</u>	12.7	<u>3.81</u>	3277	<u>983</u>
		100.0		9.97		3310

H. soya	44.0	3090
---------	------	------

d) Planteamiento:

"X" = Valores de la mezcla

"Y" = Valores de la H. de soya

$$9.97 X + 44 Y = 12.37$$

$$3310 X + 3090 Y = 3299$$

e) Se toman las coeficientes de las incógnitas y se forma la matriz:

$$\Delta s \begin{vmatrix} 9.97 & 44 \\ 3310 & 3090 \end{vmatrix} \begin{matrix} (-) \\ (+) \end{matrix}$$

Se calcula su determinante, mediante la multiplicación de los coeficientes en cruz siguiendo el sentido de las flechas, y al resultado se le designa el signo correspondiente, posteriormente los dos resultados se suman y se obtiene el determinante del sistema:

$$\Delta s \begin{vmatrix} 9.97 & 44 \\ 3310 & 3090 \end{vmatrix} = 30807.3 - 145640 = - 114832.7$$

f) Para encontrar la primera incognita, se sustituye los terminos independientes en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incognita y se forma una matriz, posteriormente se calcula su determinante en la misma forma que en la anterior:

$$\Delta x \begin{vmatrix} 12.37 & 44 \\ 3299 & 3090 \end{vmatrix} = 38223.3 - 145156 = - 106932.7$$

g) posteriormente se divide el determinante de la matriz

"X" entre el determinante del sistema, y se encuentra el valor de la primera incognita:

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta s} = \frac{- 106932.7}{- 114832.7} = .9312$$

h) Para encontrar la segunda incognita, se sustituyen los terminos independietes, en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incognita, y se forma una matriz, posteriormente se calcula su determinante en la misma forma que las anteriores:

$$\Delta y \begin{vmatrix} 9.97 & 12.37 \\ 3310 & 3299 \end{vmatrix} = 32891 - 40944.7 = - 8053.7$$

i) Posteriormente se divide el determinante de la matriz "Y" entre el determinante del sistema y se encuentra el valor de la segunda incognita:

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta s} = \frac{- 8053.7}{- 114832.7} = .0701$$

j) Los valores obtenidos se expresan en porcentaje y se corrigen al 97%:

% Mezcla .9312 x 100 = 93.12%
% H. de soya .0701 x 100 = 7.01%

93.12% ——— 100% 7.01% ——— 100%
 X ——— 97% X ——— 97%
 X = 90.33% Mezcla X = 6.80% H. de soya

k) Porcentaje por ingrediente:

90.33% ——— 100% 90.33% ——— 100%
 X ——— 70% X ——— 30%
 X = 63.23% Maíz X = 27.10% Trigo

l) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Maíz	63.23	8.8	5.57	3325	2102
Trigo	27.10	12.7	3.44	3277	888
Harina de soya	6.80	44.0	2.99	3090	210
Prem. Min./Vit.	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.13		12.00		3200

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), que contenga 13% de P.C. y 3,195 Kcal de E.M. (Ver Tabla I). Resolver por el método de "DETERMINANTES".

a) INGREDIENTES	%Mezcla	%P.C.	E.M.Kcal
Sorgo	10.0		
Maíz	<u>90.0</u>		
	100.0		(Ver Tabla de composición de alimentos)
Harina de soya	95.0		
Harina de algodón	<u>5.0</u>		
	100.0		

3.5 Sistema de ecuaciones simultáneas, con ingredientes fijos, por el método de "DETERMINANTES". Para dos necesidades.

Formular una ración para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), con un valor de 18% de P.C. y 3,160 Kcal de E.M. (Ver Tabla I).

a) Como ingredientes fijos tenemos:

%	
1.00	Premezclas mineral y vitamínica
2.00	Fosfato dicalcico
5.00	Harina de pescado.

b) Ingredientes con los que contamos:

Mafz	8.8% P.C.	y	3325 Kcal E.M.
H. cacahuete	45.8% P.C.	y	3244 Kcal E.M.

c) Para la solución de este problema, primeramente tenemos que restar a los requerimientos establecidos la cantidad con la que intervienen los ingredientes fijos, como a continuación se muestra:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Premezclas Min/Vit	1.0	....	....	....	...
Fosfato dicalcico	2.0	....	....	....	...
Harina de pescado	<u>5.0</u>	63.2	<u>3.16</u>	2398	<u>120</u>
TOTAL	8.0		3.16		120

Se resta al total de P.C., el valor proteico que aporta la harina de pescado:

$$18\% - 3.16\% = 14.84\% \text{ P.C.}$$

Lo mismo se hace con el valor energetico:

$$3,160 \text{ Kcal} - 120 \text{ Kcal} = 3040 \text{ Kcal E.M.}$$

d) Se balancea la cantidad de protefna y energfa corre-
gidas (%P.C. y E.M. total menos el %P.C. Y E.M. que apor-
ta la harina de pescado) dividiendo estas entre .92 de -
mezcla restante (100% - 8% de ingredientes fijos):

$$14.84\%/.92 = 16.13\% \text{ P.C.} \quad 3040/.92 = 3304 \text{ Kcal E.M.}$$

e) Planteamiento:

"X" = Valores del maiz

"Y" = Valores de la H. de cacahuate.

$$8.8 X + 45.8 Y = 16.13 \quad \dots \text{ ec. 1}$$

$$3325 X + 3244 Y = 3304 \quad \dots \text{ ec. 2}$$

f) Se toman los coeficientes de las incognitas y se for-
ma la matriz, posteriormente se calcula su determinante,
lo cual se logra multiplicando los coeficientes en cruz,
siguiendo el sentido de las flechas y al resultado se le
designa el signo correspondiente. Despues los dos resul-
tados se suman obteniendose la determinante del sistema:

$$\Delta_s \begin{vmatrix} 8.8 & 45.8 \\ 3325 & 3244 \end{vmatrix} \begin{matrix} (-) \\ (+) \end{matrix} = 28547 - 152285 = - 123738$$

g) Para encontrar la primera incognita, se sustituyen los terminos independientes en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incognita y se plantea la matriz, -- posteriormente se calcula su determinante:

$$\Delta x \begin{vmatrix} 16.13 & 45.8 \\ 3304 & 3244 \end{vmatrix} = 52325.7 - 151323.2 = -98997.5$$

h) Para encontrar el valor de la primera incognita, se divide el determinante de la matriz "X" entre el determinante del sistema:

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta s} = \frac{-98997.5}{-123738} = .80$$

i) Para encontrar la segunda incognita, se sustituyen los terminos independientes, en el lugar que ocupan los coeficientes de esa incognita, posteriormente se calcula su determinante:

$$\Delta y \begin{vmatrix} 8.8 & 16.13 \\ 3325 & 3304 \end{vmatrix} = 29075.2 - 53632.2 = -24557$$

j) Se divide el determinante de la matriz "Y", entre el determinante del sistema y se encuentra el valor de la segunda incognita:

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta s} = \frac{-24557}{-123738} = .1985$$

k) Comprobación (en la primera ecuación):

$$8.8(.80) + 45.8(.1985) = 16.13$$

$$7.04 + 9.09 = 16.13$$

$$16.13 = 16.13$$

l) Los valores de las incógnitas se expresan en porcentaje y se corrigen al 92%:

$$\% \text{ Maiz } .80 \times 100 = 80.0\%$$

$$\% \text{ H: cacahuete } .1985 \times 100 = 19.85\%$$

$$80\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 92\%$$

$$X = 73.60\% \text{ Maiz}$$

$$19.85\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 92\%$$

$$X = 18.26\% \text{ H. cacahuete}$$

ll) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Maiz	73.60	8.8	6.48	3325	2447
Harina de cacahuete	18.26	45.8	8.36	3244	593
Harina de pescado	5.00	63.2	3.16	2398	120
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	99.86		18.00		3160

Sistema de ecuaciones simultáneas, con ingredientes fijos por el método de "DETERMINANTES". Para dos necesidades.

Formular una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), que llene sus requerimientos de proteína y energía; que son de 16% P.C. y 3,175 Kcal de E.M. (Ver Tabla I).

a) Ingredientes fijos:

- 1.0% Premezclas mineral y vitamínica
- 2.0% Fosfato dicalcico
- 10.0% Trigo

b) Ingredientes a utilizar:

- Maíz 8.8% P.C. y 3325 Kcal E.M.
- Harina soya 44.0% P.C. y 3090 Kcal E.M.

c) INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	EM:Kcal	APORTE
Premezclas Min./Vit.	1.0	.....	.....	.....	.....
Fosfato dicalcico	2.0	....	.....	.....	.....
Trigo	<u>10.0</u>	12.7	<u>1.27</u>	3277	<u>328</u>
TOTAL	13.0		1.27		328

c) $16\% - 1.27\% = 14.73\% \text{ P.C.}$

$3175 \text{ Kcal} - 328 \text{ Kcal} = 2847 \text{ Kcal E.M.}$

d) $14.73\% / .87 = 16.93\% \text{ P.C.}$

$2847 \text{ Kcal} / .87 = 3272 \text{ Kcal E.M.}$

e) Planteamiento:

"X" = Valores del maíz.

"Y" = Valores de la harina de soya.

$$8.8 X + 44.0 Y = 16.93$$

$$3325 X + 3090 Y = 3272$$

$$f) \quad \Delta s \quad \begin{vmatrix} 8.8 & 44.0 \\ 3325 & 3090 \end{vmatrix} = 27192 - 146300 = - 119108$$

$$g) \quad \Delta x \quad \begin{vmatrix} 16.93 & 44.0 \\ 3272 & 3090 \end{vmatrix} = 52313.7 - 143968 = - 91654.3$$

$$h) \quad x = \frac{\Delta x}{\Delta s} = \frac{- 91654.3}{- 119108} = .7695$$

$$i) \quad \Delta y \quad \begin{vmatrix} 8.8 & 16.93 \\ 3325 & 3272 \end{vmatrix} = 28793.6 - 56292.25 = -27498.6$$

$$j) \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta s} = \frac{- 27498.6}{- 119108} = .2309$$

k) Comprobación (en la primera ecuación):

$$8.8(.7695) + 44(.2309) = 16.93$$

$$6.77 \quad + \quad 10.16 \quad = 16.93$$

$$16.93 \quad = \quad 16.93$$

1) Los valores se expresan en porcentaje y se corrigen al 87%:

$$\% \text{ Maiz} \quad .7695 \times 100 = 76.95\%$$

$$\% \text{ H. de soya} \quad .2309 \times 100 = 23.09\%$$

$$76.95\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 87\%$$

$$X = 66.95\% \text{ Maiz}$$

$$23.09\% \text{ ——— } 100\%$$

$$X \text{ ——— } 87\%$$

$$X = 20.09\% \text{ H. soya}$$

11) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	APORTE	E.M.Kcal	APORTE
Maiz	66.95	8.8	5.89	3325	2226
Harina de soya	20.09	44.0	8.84	3090	621
Trigo	10.00	12.7	1.27	3277	328
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	.....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>...</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.04		16.00		3175

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), que contenga 13% de P.C. y 3,195 Kcal de E.M. (Ver tabla I). Resolver por el método de "DETERMINANTES".

a) Ingredientes fijos:

- 1.0% Premezclas mineral y vitamínica
- 2.0% Fosfato dicalcico
- 8.0% Harina de cacahuate.

b) Ingredientes a utilizar: Maíz y harina de cacahuate (ver tablas de composición de alimentos).

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de crecimiento II (35-60 Kg. de P.V.), que contenga 14% de P.C. y 3,190 Kcal de E.M. (Ver Tabla I). Resolver _ por el método de "DETERMINANTES".

a) Ingredientes fijos:

1.0% Premezcla mineral y vitamínica

2,0% Fosfato dicalcico.

7.0% Harina de soya.

b) ingredientes a utilizar: Mezcla de 90% Maíz y 10% de Sorgo, y harina de cacahuate (Ver Tabla de composición _ de alimentos).

3.6 Sistema de ecuaciones simultáneas para tres necesidades, con tres ingredientes; por el método de "MULTIPLICACION".

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.), que llene sus requerimientos en proteína cruda (20% P.C.), fibra cruda (4% F.C.) y energía metabolizable (3,400 Kcal. E.M.) (Ver Tabla I).

a) INGREDIENTES	%P.C.	%F.C.	E.M.Kcal
Cebada	11.6	5.0	2876
Leche entera seca	25.2	0.2	4679
Harina de girasol.	41.0	13.0	2715

b) Al 100% se le resta un 3%, equivalente a los ingredientes que añadiremos al final de la mezcla, como complemento mineral y vitamínico.

Al realizar la mezcla al 97%, se debe corregir el porcentaje de proteína y fibra cruda, y la cantidad de Kcal. de la energía metabolizable:

$$20\% / .97 = 20.6\% \text{ P.C.} \quad 3400 / .97 = 3505 \text{ Kcal E.M.}$$

$$4\% / .97 = 4.12\% \text{ F.C.}$$

c) Planteamiento:

"X" = Valores de la cebada

"Y" = Valores de la leche entera seca.

"Z" = Valores de la harina de girasol.

$$11.6 X + 25.2 Y + 41.0 Z = 20.6 \dots \text{ec. 1 P.C.}$$

$$5.0 X + 0.2 Y + 13.0 Z = 4.12 \dots \text{ec. 2 F.C.}$$

$$2876 X + 4679 Y + 2715 Z = 3505 \dots \text{ec. 3 E.M.}$$

d) Se toman la dos primeras ecuaciones, se multiplica la primera ecuación por el coeficiente de "Z" de la segunda ecuación y viceversa, el coeficiente de "Z" de la primera ecuación lleva signo negativo al multiplicar a la segunda ecuación:

$$(11.6 X + 25.2 Y + 41.0 Z = 20.6) \cdot 13$$

$$(5.0 X + 0.2 Y + 13.0 Z = 4.12) \cdot -41.0$$

$$\begin{array}{r} 150,8 X + 327,6 Y + 533 Z = 267,8 \\ - 205 X - 8,2 Y - 533 Z = -168,9 \\ \hline - 54,2 X + 319,4 Y \quad 0 = 98,9 \dots \text{ec. 4} \end{array}$$

e) Se toma la primera ecuación y tercera, posteriormente se multiplica la primera ecuación por el coeficiente de "Z" de la tercera ecuación y viceversa. El coeficiente de "Z" de la primera ecuación lleva signo negativo al multiplicar la tercera ecuación:

$$(11.6 X + 25.2 Y + 41.0 Z = 20.6) \cdot 2715$$

$$(2876 X + 4679 Y + 2715 Z = 3505) \cdot -41$$

$$\begin{array}{r} 31494 X + 68418 Y + 111315 Z = 55929 \\ - 117916 X - 191839 Y - 111315 Z = -143705 \\ \hline - 86422 X - 123421 Y \quad 0 = -87776 \dots \text{ec. 5} \end{array}$$

f) Se toman los valores de la cuarta y quinta ecuación y se multiplica la cuarta ecuación por el coeficiente de

"Y" de la quinta ecuación y viceversa. El coeficiente _
de "Y" de la cuarta ecuación lleva signo negativo al mul
tiplicar la quinta ecuación:

$$\begin{aligned} (- 54.2 X + 319.4 Y = 98.9) - 123421 \\ (-86422 X -123421 Y = -87776) - 319.4 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 6689418 X - 39420667 Y = - 12206336 \\ \underline{27603186 X + 39420667 Y = 28035654} \\ 34292604 X \qquad 0 \qquad = 15829318 \end{array}$$

g) Se despeja "X" de la ecuación anterior y se obtiene su valor:

$$\begin{aligned} 34292604 X &= 15829318 \\ X &= 15829318/34292604 \\ X &= .4617 \end{aligned}$$

h) Para obtener el valor de "Y" se sustituye el valor _
de "X" en la cuarta ecuación:

$$\begin{aligned} - 54.2 (.4617) + 319.4 Y &= 98.9 \\ - 25.02 + 319.4 Y &= 98.9 \\ 319.4 Y &= 98.9 + 25.02 \\ Y &= 123.92/319.4 \\ Y &= .3880 \end{aligned}$$

i) Para conocer el valor de "Z", se sustituyen los valores
de "X" y de "Y" en cualquiera de las tres primeras _
ecuaciones:

En la primera ecuación:

$$\begin{aligned}
 11.6(.4617) + 25.2(.3880) + 41.0 Z &= 20.6 \\
 5.355 + 9.778 + 41.0 Z &= 20.6 \\
 41.0 Z &= 20.6 - 5.355 - 9.778 \\
 Z &= 5.467/41.0 \\
 Z &= .1334
 \end{aligned}$$

J) Comprobación (en la segunda ecuación):

$$\begin{aligned}
 5(.4617) + 0.2(.3880) + 13(.1334) &= 4.12 \\
 2.31 + .08 + 1.73 &= 4.12 \\
 4.12 &= 4.12
 \end{aligned}$$

k) Los valores obtenidos se expresan en porcentaje y se corrigen al 97%:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Cebada} & .4617 \times 100 = 46.17\% \\
 \% \text{ Leche entera seca} & .3880 \times 100 = 38.80\% \\
 \% \text{ Harina de girasol} & .1334 \times 100 = 13.34\%
 \end{aligned}$$

46.17% ——— 100%	38.80% ——— 100%	13.34% ——— 100%
X ——— 97%	X ——— 97%	X ——— 97%
X = 44.78%	X = 37.63%	X = 12.94%
Cebada	Leche e.s.	H. de girasol

l) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%PC (APORTE)	%FC (APORTE)	EM (APORTE) Kcal
Cebada	44.78	11.6 (5.20)	5.0 (2.24)	2876 (1288)
Leche e.s.	37.63	25.2 (9.49)	0.2 (0.08)	4679 (1761)
H. girasol	12.94	41.0 (5.31)	13 (1.68)	2715 (351)
P. Min./Vit.	1.00	.....	.....	.....
Fosfato dicalcico	2.00	.....	.....	.....
TOTAL	98.35	20.00	4.00	3400

3.7 Sistema de ecuaciones simultáneas para tres necesidades, con tres ingredientes. Por el método de "DETERMINANTES".

Formular una dieta para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.), que llene sus requerimientos en proteína cruda (20% P.C.), fibra cruda (4% F.C.) y energía metabolizable (3400 Kcal E.M.) (Ver Tabla I).

a) INGREDIENTES	%P.C.	%F.C.	E.M. kcal
Cebada	11.6	5.0	2876
Leche entera seca	25.2	0.2	4679
Harina de girasol	41.0	13.0	2715

b) $100\% - 3\% = 97\%$

$$20\% / .97 = 20.6\% \text{ P.C.} \quad 3400 / .97 = 3,505 \text{ Kcal E.M.}$$

$$4\% / .97 = 4.12\% \text{ F.C.}$$

c) Planteamiento:

"X" = Valores de la cebada

"Y" = Valores de la leche entera seca

"Z" = Valores de la harina de girasol

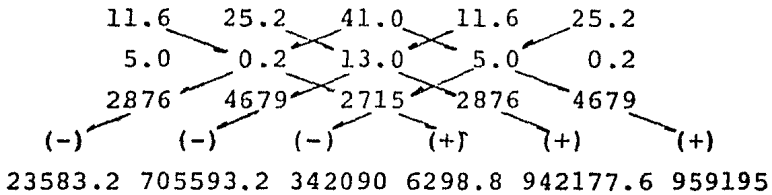
$$11.6 X + 25.2 Y + 41.0 Z = 20.6 \dots \text{ ec. 1 P.C.}$$

$$5.0 X + 0.2 Y + 13.0 Z = 4.12 \dots \text{ ec. 2 F.C.}$$

$$2876 X + 4679 Y + 2715 Z = 3505 \dots \text{ ec. 3 E.M.}$$

d) Una vez realizado el planteamiento, se procede a calcular el determinante del sistema, esto se logra formando la matriz, en la cual deberan repetirse las dos prime

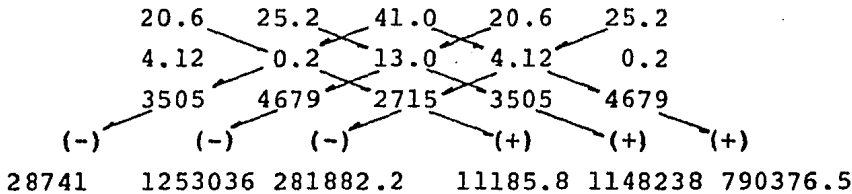
ras columnas de los coeficientes en el extremo derecho y se multiplican en forme cruzada, como se marca con las flechas, tomando en cuenta, que los resultados del lado izquierdo tendrán signo negativo y los del derecho positivo; como a continuación se muestra:



El determinante del sistema se obtiene de la suma de los valores obtenidos:

$$S = 836405$$

e) Lo mismo se hace para obtener los valores de las incógnitas "X", "Y" y "Z" pero tomando en cuenta que debemos sustituir los términos independientes (requerimientos buscados) en la literal que corresponda; en este caso "X":



$$X = 386141.1$$

f) Para obtener el valor real de "X", se divide el va--

lor obtenido entre el determinante del sistema:

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta s} = \frac{386141.1}{836405.0} = .4617$$

g) Se calcula "Y" de la misma forma, pero ahora sustitimos los terminos independientes en la segunda columna

$$\begin{array}{cccccc}
 11.6 & 20.6 & 41.0 & 11.6 & 20.6 & \\
 & 5.0 & 4.12 & 13.0 & 5.0 & 4.12 \\
 & & 2876 & 3505 & 2715 & 2876 & 3505 \\
 (-) & (-) & (-) & (+) & (+) & (+) \\
 485813,9 & 528554 & 279645 & 129755.3 & 770192.8 & 718525
 \end{array}$$

$$y = 324460.2$$

h) Para obtener el valor real de "y" se divide el valor obtenido entre el determinante del sistema:

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta s} = \frac{324460.2}{836405.0} = .3880$$

i) Se calcula "z" de la misma forma, pero ahora sustitimos los términos independientes en la tercera columna

$$\begin{array}{cccccc}
 11.6 & 25.2 & 20.6 & 11.6 & 25.2 & \\
 & 5.0 & 0.2 & 4.12 & 5.0 & 0.2 \\
 & & 2876 & 4679 & 3505 & 2876 & 4679 \\
 (-) & (-) & (-) & (+) & (+) & (+) \\
 11849.1 & 223618.7 & 441630 & 8131.6 & 298597.8 & 481937
 \end{array}$$

$$X = 111568.5$$

j) Para obtener el valor real de "Z" se divide el valor obtenido entre el valor del determinante del sistema:

$$Z = \frac{\Delta z}{\Delta s} = \frac{111568.5}{836405.0} = .1334$$

k) Comprobación:

$$\begin{aligned} 5(.4617) + 0.2(.3880) + 13(.1334) &= 4.12 \\ 2.31 + .08 + 1.73 &= 4.12 \\ 4.12 &= 4.12 \end{aligned}$$

l) Los valores se expresan en porcentaje y se corrigen al 97%:

$$\begin{aligned} \% \text{ Cebada} & .4617 \times 100 = 46.17\% \\ \% \text{ Leche entera seca} & .3880 \times 100 = 38.80\% \\ \% \text{ Harina de girasol} & .1334 \times 100 = 13.34\% \end{aligned}$$

46.17% ——— 100%	38.80% ——— 100%	13.34% ——— 100%
X ——— 97%	X ——— 97%	X ——— 97%
X = 44.78%	X = 37.63%	X = 12.94%
Cebada	Leche e.s.	H. girasol

11) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%PC (APORTE)	%FC (APORTE)	EMKcal (APORTE)
Cebada	44.78	11.6 (5.20)	5.0 (2.24)	2876 (1288)
Leche e.s.	37.63	25.2 (9.49)	0.2 (0.08)	4679 (1761)
H. girasol	12.94	41.0 (5.31)	13 (1.68)	2715 (351)
P. Min./Vit.	1.00	.....	... ..	.....
Fosfato dicalcico	2.00	.....	..- ..	.....
TOTAL	98.35	20.00	4.00	3400

4. Antecedentes y metodología de la técnica Trujillo.

Este método fue desarrollada en el Centro Nacional de Productividad de México, A.C., por Kaldman E.J.F. y Trujillo, F.V., 1979. La técnica que describiremos adelante es una variante del método Vectorial de KALDMAN-TRUJILLO.

- ° Es un método sencillo, lo cual lo hace accesible a cualquier persona que domine las operaciones aritméticas.
- ° Se puede formular raciones con cualquier número de alimentos.
- ° Se puede formular en porcentaje o bien en Kg., o sea que podemos formular para cualquier especie.
- ° La formulación se hace matemática, y es a base de la utilización de Cuadrados de Pearson. Además se requiere la elaboración de una gráfica (red topológica). (21)
- ° El único requisito del método, que es a su vez general para cualquier otro, es que el contenido de nutrientes de unos alimentos sea superior al requerimiento del animal y el de los otros que intervienen en la formulación sea inferior.

Métodología:

- ° Definir las características productivas y reproductivas del animal para el que queremos formular.
- ° Encontrar la composición de los alimentos en el nutriente que se esta considerando (Para este ejemplo se trata de Proteína cruda).
- ° Se clasifican los ingredientes en dos grupos, energéticos y proteícos, con las siguientes condiciones:

- 1) Un grupo debe tener el contenido proteico mayor al buscado y el otro debe ser menor.
- 2) Los valores proteicos de cada grupo deben ser colocados en orden ascendente, en los energéticos y descendente en los proteicos.
- 3) Cada ingrediente debe ser identificado con una letra.
 - ° Se elabora una gráfica a base de líneas horizontales y verticales que crucen entre sí (el número de líneas es ta determinado, por el número de ingredientes utilizados) y cada una representa a un ingrediente.
 - ° Una vez formada la gráfica, se determina el valor de los puntos de intersección entre los ingredientes de la izquierda, con los superiores y viceversa (de la gráfica) estas intersecciones se les denomina rectas. Para conocer los valores de las rectas se forman Cuadrados de Pearson con los valores de los ingredientes. Se debe de formar una tabla con los valores de las rectas.
 - ° Se obtiene el valor de las combinaciones entre las intersecciones (que ya están numeradas en la gráfica de líneas). Para conocer el valor de cada una de estas combinaciones, se debe restar el valor que ya tienen los puntos de intersección. Se debe de formar una tabla con los valores de las combinaciones.
 - ° Teniendo ya todos los valores, se procede al balanceo de la ración. Esta se realiza trazando una línea sobre la gráfica de líneas, que principie en cualesquiera de los ingredientes de la izquierda, con la condición qu la línea, debe ir hacia el frente y hacia arriba, nunca retroceder ni descender.
 - ° Cualquier solución que se elija, con la condición anterior, llena los requisitos del nutriente deseado; consistiendo la diferencia, en que al trazar la línea sola-

mente intervendrán los ingredientes que nos marque (com-
biaciones y puntos de intersección que toque la línea).

4.1 Método de Trujillo.

Formular una dieta para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.), que contenga 20% de P.C., con lo cual llenaremos sus necesidades proteicas (Ver Tabla I). Para su formulación contamos con: Maiz, sorgo, pulido de arroz, leche entera seca, harina de girasol y Harina de cacahuete.

a) A la mezcla total se le debe restar un 3%, que equivale a los ingredientes que se añadirán al final de la mezcla.

$$100\% - 3\% = 97\%$$

Al realizar la mezcla al 97%, se debe de corregir el porcentaje de proteína cruda:

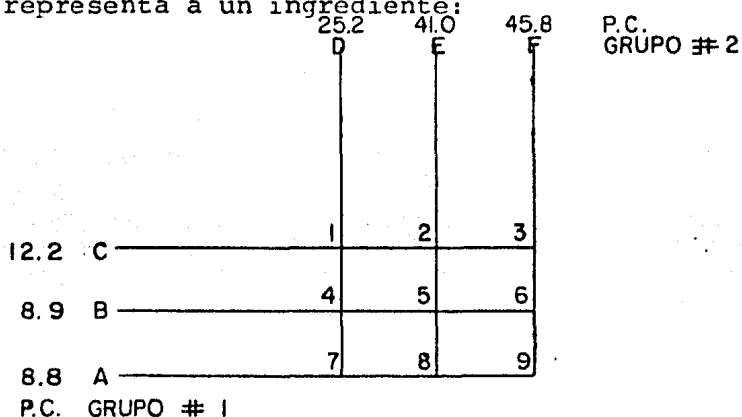
$$20\% / .97 = 20.6\% \text{ P.C.}$$

b) Se clasifican los ingredientes en dos grupos, energeticos y proteicos, con las siguientes condiciones:

- ° Un grupo debe tener el contenido proteico mayor al buscado y el otro, debera ser menor.
- °° Los valores proteicos de cada grupo deben de ser colocados en orden ascendente en los energeticos y descendente en los proteicos.
- °°° Cada ingrediente debe ser identificado con una letra

	ENERGETICOS	%P.C.	PROTEICOS	%P.C.
A	Mafz	8.8	F H. cacahuete	45.8
B	Sorgo	8.9	E H. girasol	41.0
C	P. de arroz	12.2	D Leche e. s.	25.2

c) Se elabora una gráfica a base de líneas horizontales y verticales que crucen entre sí (el número de líneas es ta determinado, por el número de ingredientes utilizados en este caso, se utilizan 6 líneas, por lo tanto 3 y 3)_ y cada una representa a un ingrediente:



d) Una vez formada la gráfica, se determina el valor de los puntos de intersección entre los nutrientes de la izquierda con los superiores y viceversa, a estas intersecciones se les denomina rectas. Para conocer los valores de las rectas se forman Cuadrados de Pearson con los valores de los nutrientes, por ejemplo:

Recta A-7, nos referimos a la línea marcada letra "A" y a su intersección en el punto "7", donde intersecciona con la línea que corresponde a la letra "D", con lo cual se obtendrá su valor, al igual que para la recta D-7, de la siguiente forma:

"A"	8.8		$4.6/16.4 \times 100 = 28\%$	Recta A-7
	(-)	20.6	(+)	
"D"	<u>25.2</u>		$11.8/16.4 \times 100 = 72\%$	Recta D-7
	16.4		16.4	
"A"	8.8		$20.4/32.2 \times 100 = 63.55\%$	Recta A-8
	(-)	20.6	(+)	
"E"	<u>41.0</u>		$11.8/32.2 \times 100 = 36.65\%$	Recta E-8
	32.2		32.2	
"A"	8.8		$25.2/37.0 \times 100 = 68.10\%$	Recta A-9
	(-)	20.6	(+)	
"F"	<u>45.8</u>		$11.8/37.0 \times 100 = 31.90\%$	Recta F-9
	37.0		37.0	
"B"	8.9		$4.6/16.3 \times 100 = 28.22\%$	Recta B-4
	(-)	20.6	(+)	
"D"	<u>25.2</u>		$11.7/16.3 \times 100 = 71.78\%$	Recta D-4
	16.3		16.3	
"B"	8.9		$20.4/32.1 \times 100 = 63.55\%$	Recta B-5
	(-)	20.6	(+)	
"E"	<u>41.0</u>		$11.7/32.1 \times 100 = 36.45\%$	Recta E-5
	32.1		32.1	
"B"	8.9		$25.2/36.9 \times 100 = 68,29\%$	Recta B-6
	(-)	20.6	(+)	
"F"	<u>45.8</u>		$11.7/36.9 \times 100 = 31,71\%$	Recta F-6
	36.9		36.9	

"C"	12.2		$4.6/13.0 \times 100 = 35.38\%$	Recta C-1
	(-)	20.6	(+)	
"D"	<u>25.2</u>		$8.4/13.0 \times 100 = 64.62\%$	Recta D-1
	13.0		13.0	
"C"	12.2		$20.4/28,8 \times 100 = 70.83\%$	Recta C-2
	(-)	20.6	(+)	
"E"	<u>41.0</u>		$8.4/28.8 \times 100 = 29.17\%$	Recta E-2
	28.8		28.8	
"C"	12.2		$25.2/33.6 \times 100 = 75.00\%$	Recta C-3
	(-)	20.6	(+)	
"F"	<u>45.8</u>		$8.4/33.6 \times 100 = 25.00\%$	Recta F-3
	33.6		33.6	

Se forma una tabla de valores de las rectas:

RECTA	VALOR(%)	RECTA	VALOR(%)
A-7	28.00	D-7	72.00
A-8	63.35	E-8	36.65
A-9	68.10	F-9	31.90
B-4	28.22	D-4	71.78
B-5	63.55	E-5	36.45
B-6	68.29	F-6	31.71
C-1	35.38	D-1	64.62
C-2	70.83	E-2	29.17
C-3	75.00	F-3	25.00

e) Se obtiene el valor de la combinaciones entre las intersecciones (que ya están numeradas en la gráfica de líneas), de la siguiente forma:

Horizontal, partiendo del número 1:

1-2, 1-3, 2-3, 4-5, 4-6, 5-6, 7-8, 7-9, 8-9.

Vertical, partiendo del número 1:

1-4, 1-7, 4-7, 2-5, 2-8, 5-8, 3-6, 3-9, 6-9.

Para conocer el valor de cada una de estas combinaciones debemos restar el valor que ya tienen los puntos de intersección, por ejemplo:

Combinación 1-2, el valor de "1" corresponde al valor dado en la tabla anterior a la recta C-1, y el valor de "2" corresponderá a la recta C-2, los cuales son los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{"1"} &= 35.38 \quad (-) \\ \text{"2"} &= \underline{70.83} \end{aligned}$$

35.45 valor buscado de la combinación 1-2

Este mismo procedimiento, se realiza con cada una de las combinaciones, tanto horizontal como vertical:

"1-3"	"2-3"	"4-5"	"4-6"	"5-6"	"7-8"	"7-9"
<u>35.38</u>	<u>70.83</u>	<u>28.22</u>	<u>28.22</u>	<u>63.55</u>	<u>28.00</u>	<u>28.00</u>
39.62	4.17	35.33	40.07	4.74	35.35	40.10

"8-9"	"1-4"	"1-7"	"4-7"	"2-5"	"2-8"	"5-8"
<u>63.35</u>	<u>35.38</u>	<u>35.38</u>	<u>28.22</u>	<u>70.83</u>	<u>70.83</u>	<u>63.55</u>
<u>68.10</u>	<u>28.22</u>	<u>28.00</u>	<u>28.00</u>	<u>63.55</u>	<u>63.35</u>	<u>63.35</u>
4.75	7.16	7.38	0.22	7.28	7.48	0.20

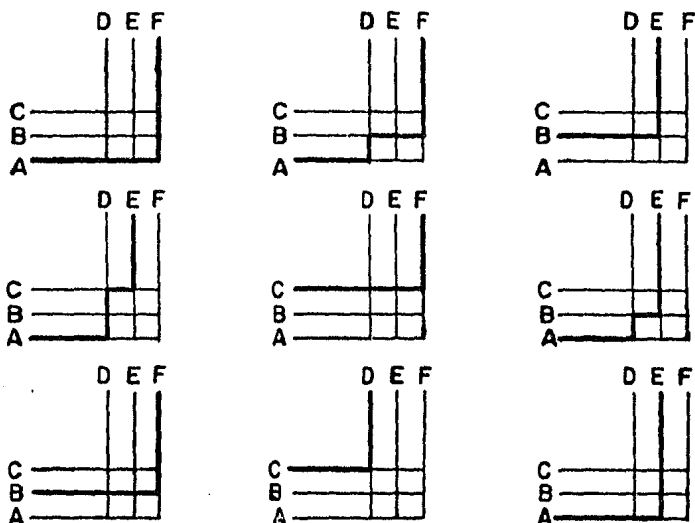
"3-6"	"3-9"	"6-9"
<u>75.00</u>	<u>75.00</u>	<u>68.29</u>
<u>68,29</u>	<u>68.10</u>	<u>68.10</u>
6.71	6.90	0.19

Se forma una tabla con los valores de las combinaciones:

HORIZONTAL		VERTICAL	
COMBINACION	VALOR (%)	COMBINACION	VALOR (%)
1-2	35.45	1-4	07.16
1-3	39.62	1-7	07.38
2-3	04.17	4-7	00.22
4-5	35.33	2-5	07.28
4-6	40.07	2-8	07.48
5-6	04.74	5-8	00.20
7-8	35.35	3-6	06.71
7-9	40.10	3-9	06.90
8-9	04.75	6-9	00.19

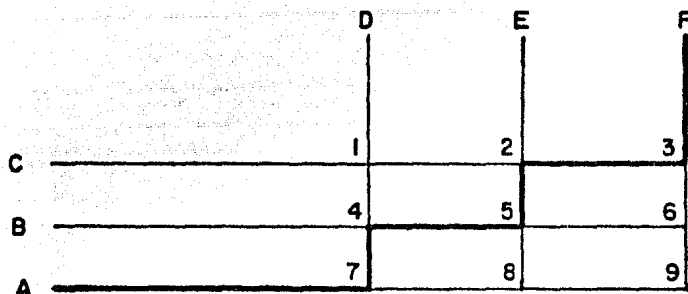
f) Teniendo ya todos nuestros valores, se procede al balanceo de la ración, esta se realiza trazando una línea sobre la gráfica N° 1, que principie en cualesquiera de los ingredientes de la izquierda, con la condición que la línea debe ir hacia el frente y hacia arriba, nunca retroceder ni descender.

A continuación se muestran algunas formas posibles de solución para este problema:



Se han hecho repeticiones de la gráfica N° 1, con diferentes formas de solución, para una mayor comprensión, pero solo se utiliza una de ellas.

Cualquier solución que se elija llenara los requerimientos proteicos, concistiendo la diferencia en que al trazar la línea de balanceo (línea gruesa) solamente intervendrán los ingredientes que nos marque (combinaciones y puntos de intersección que toque la línea), como a continuación se muestra:



Hemos marcado la trayectoria a seguir con una línea gruesa, sobre la gráfica anterior. Para formular nuestra dieta se toman en cuenta las combinaciones y puntos de intersección, que toca la línea.

g) Se ordenan los ingredientes marcados en la trayectoria de la línea gruesa y se procede a formar la mezcla final, para comprobar el aporte proteico.

INGREDIENTES	RECTA O COMBINACION	100%	97%	%P.C. APORTE	
Maíz	A - 7	28.00	27.16	8.8	2.39
Leche entera s.	4 - 7	0.22	0.21	25.2	0.05
Sorgo	4 - 5	35.33	34.27	8.9	3.05
H. girasol	2 - 5	7.28	7.06	41.0	2.89
Pulido de arroz	2 - 3	4.17	4.05	12.2	0.51
H. cacahuete	F - 3	25.00	24.25	45.8	11.11
Prem. Min./Vit.	.....	.....	1.00	....	.....
Fosfato dicalcico	.....	.....	<u>2.00</u>	....	<u>.....</u>
TOTAL			100.00		20.00

Metodo Trujillo.

Formular una ración alimenticia para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), cuyo requerimiento proteico es de 16% P.C. (Ver Tabla I).

a) $100\% - 3\% = 97\%$ $16\% / .97 = 16.49\% \text{ P.C.}$

b) Ingredientes a utilizar:

ENERGETICOS		%P.C.	PROTEICOS		%P.C.
A	Melaza	3.2	H	H. pescado	63.2
B	Maíz	8.8	G	H. cacahuete	45.8
C	Sorgo	8.9	F	G. de maíz	42.9
D	Cebada	11.6	E	H. girasol	41.0

c) Gráfica:

		4.1 E	42.9 F	45.8 G	63.2 H
D	CEBADA 11.6	1	2	3	4
C	SORGO 8.9	5	6	7	8
B	MAIZ 8.8	9	10	11	12
A	MELASA 3.2	13	14	15	16

d) Tabla con los valores de las rectas:

RECTA	VALOR (%)	RECTA	VALOR (%)
A-13	64.84	E-13	35.16
A-14	66.52	F-14	33.48
A-15	68.80	G-15	31.20

A-16	77.85	H-16	22.15
B-9	76.12	E-9	23.88
B-10	77.45	F-10	22.55
B-11	79.21	G-11	20.77
B-12	85.86	H-12	14.14
C-5	76.36	E-5	23.64
C-6	77.68	F-6	22.32
C-7	79.43	G-7	20.57
C-8	86.02	H-8	13.98
D-1	83.37	E-1	16.63
D-2	84.38	F-2	15.62
D-3	85.70	G-3	14.30
D-4	90.52	H-4	9.48

e) Tabla con los valores de las combinaciones:

HORIZONTAL		VERTICAL	
COMBINACION	VALOR (%)	COMBINACION	VALOR (%)
1-2	1.01	1-5	7.01
1-3	2.33	1-9	7.25
1-4	7.15	1-13	18.53
2-3	1.32	5-9	0.24
2-4	6.14	5-13	11.52
3-4	4.82	9-13	11.28
5-6	1.32	2-6	6.70
5-7	3.07	2-10	6.93
5-8	9.66	2-14	17.86
6-7	1.75	6-10	0.23
6-8	8.34	6-14	11.16
7-8	6.59	10-14	10.93

9-10	1.33	3-7	6.27
9-11	3.09	3-11	6.47
9-12	9.74	3-15	16.90
10-11	1.76	7-11	0.22
10-12	8.41	7-15	10.63
11-12	6.65	11-15	10.43
13-14	1.68	4-8	4.50
13-15	3.96	4-12	4.66
13-16	13.01	4-16	12.67
14-15	2.28	8-12	0.16
14-16	11.33	8-16	8.17
15-16	9.05	12-16	8.01

f) Gráfica con la trayectoria a seguir:

	E	F	G	H
D	1	2	3	4
C	5	6	7	8
B	9	10	11	12
A	13	14	15	16

g) Mezcla final:

INGREDIENTES	RECTA O COMBINACION	%100	%97	%P.C. APORTE	
Mafz	B - 9	76.12	73.48	8.8	6.50
H. girasol	5 - 9	0.24	0.23	41.0	0.09
Sorgo	5 - 7	3.07	2.98	8.9	0.27
H. cacahuete	3 - 7	6.27	6.08	45.8	2.79
Cebada	3 - 4	4.82	4.67	11.6	0.54
H. pescado	H - 4	9.48	9.20	63.2	5.81
Prem. Min./Vit.	.....	.....	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	.....	.....	<u>2.00</u>	....	<u>7.00</u>
TOTAL			100.00		16.00

Formular una ración para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), que contenga 13% P.C. (Ver Tabla I). Para su realización contamos con los siguientes ingredientes: Sorgo, cebada, trigo, harina de girasol, _harina de soya y gluten de maíz (Ver Tablas de composición de alimentos). Resolver por el método de Trujillo.

Formular una dieta para cerdos reproductores (cerdas lactantes juvenes y adultas), cuyo requerimiento proteico es de 13% P.C. (Ver Tabla II). Para su realización contamos con los siguientes ingredientes: Maíz, trigo, heno de alfalfa y harina de soya (Ver Tablas de composición de alimentos). Resolver por el método de Trujillo.

5. Antecedentes y metodología de la Técnica por Sustitución.

Este método fué desarrollado por J.P. Fontenot*, en el Instituto Politécnico de Virginia, Estados Unidos, para formular raciones para ganado de carne; sin embargo se puede utilizar en la formulación para cualquier otra especie. Además con este método podemos calcular las cantidades de los alimentos que compongan una ración como porcentajes o como partes de lo que requiere un animal por día.

El método es tan sencillo que basta conocer y dominar las operaciones aritméticas para manejarlo correctamente. Consiste en cubrir lo que se requiere de un nutriente o cantidad de kilogramos con un sólo alimento, u después substituir parte de éste con otro alimento, de tal manera que la mezcla satisfaga el requerimiento de los dos nutrientes o de un nutriente y la cantidad de kilogramos por balancear en base a porcentaje. La cantidad del segundo alimento se obtiene al dividir la diferencia entre el requerimiento del segundo nutriente, y lo que aporta la cantidad del primer alimento de dicho nutriente entre la diferencia de contenido del segundo nutriente en el segundo y primer alimento.

Una vez que hemos definido para qué tipo de animal queremos balancear, los nutrientes que deseamos considerar, los requerimientos de los animales para estos nutrientes y los alimentos y la composición nutritiva de éstos, se procede a formular la ración con el método que estamos analizando, Se hace en la siguiente forma:

*Se desconoce la referencia completa (21)

° Si los alimentos difieren mucho en su contenido de materia seca (forrajes verdes y granos), lo primero que tenemos que hacer es calcular el contenido de los nutrientes considerando base a materia seca (esto debe hacerse siempre que se formule para rumiantes).

° Procedemos a satisfacer los Kg. de materia seca (rumiantes) o los 100 Kg. (si formulamos en base a porcentaje) con un sólo alimento.

° Ahora calculamos la cantidad que dicho alimento aporta del segundo nutriente considerado (rumiantes) o del primero en caso de formular en base a 100 (monogástricos).

° Con esta información estamos en capacidad de calcular la cantidad del primer alimento que debe ser sustituida por un segundo, de tal manera que la mezcla satisfaga la materia seca y el segundo nutriente (rumiantes), o los 100 Kg y el primer nutriente que sea considerado (monogástricos). La cantidad del segundo alimento la calculamos con la siguiente fórmula:

$$\text{Segundo alimento (Kg)} = \frac{\text{Requerimiento del nutriente (Kg)} \cdot \text{Aporte del nutriente por el primer alimento (Kg)}}{\text{Contenido del nutriente en el segundo alimento. (Kg./ Kg.)} \cdot \text{Contenido del nutriente en el primer alimento (Kg.)}}$$

° Para balancear un tercer o segundo nutriente (se trate de vacas o cerdos respectivamente), tenemos primero que calcular el porcentaje que representa cada alimento ya --

considerado en la mezcla con respecto al siguiente nutriente que queremos considerar. Una vez que contamos con esta información procedemos a calcular, con la ayuda de la fórmula anterior, que cantidad de la mezcla debe ser sustituida con el tercer alimento.

° Aplicación de la fórmula anterior,

° Ahora procedemos a multiplicar la cantidad calculada por el porcentaje que representa el primero y segundo alimentos en la mezcla, de tal manera que sepamos que cantidad de cada uno debe ser sustituida por el tercer alimento

° Por último corroboramos si la ración formulada satisface los nutrientes considerados.

Si se requiere balancear otro nutriente, se procede a seguir la misma metodología descrita en el punto antes de -- comprobar la ración.

5.1 Técnica de sustitución para una sola necesidad.

Formular una ración para cerdos reproductores (cerdas de cría; verracos jóvenes y adultos), que contenga 12% de P.C. (Ver Tabla II).

Este método requiere de un ingrediente de sustitución, para una dieta en la cual existe un deficit. Como ingrediente de sustitución disponible, harina de algodón; como ingrediente semifijo, maíz, y como ingredientes fijos heno de alfalfa (12%), fosfato dicalcico (2%), y Premezcla mineral y vitamínica (.5% de cada una).

a) Fórmula inicial:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.P.C.
Heno de alfalfa	12.00	16.7	2.00
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	2.00	....	....
Maíz	<u>85.00</u>	8.8	<u>7.48</u>
TOTAL	100.00		9.48
REQUERIMIENTO	100.00		<u>12.00</u>
DEFICIT			2.52

b) Para conocer la cantidad de harina de algodón, que se requiere utilizar para sustituir, en este caso, maíz y cubrir sus necesidades, se deben de realizar las siguientes operaciones:

° Se debè conocer el diferencial de sustitución, que es porcentaje de protefna cruda expresado en decimal de

la harina de algodón menos el porcentaje de proteína cruda, expresado en decimal, del maíz.

$$\begin{array}{r}
 \text{H. algodón } 41.0\% \text{ P.C.} = .410 \quad (-) \\
 \text{Maíz } 8.8\% \text{ P.C.} = \underline{.088} \\
 \phantom{\text{Maíz}} \phantom{8.8\% \text{ P.C.}} = .322
 \end{array}$$

°° Para conocer la cantidad de harina de algodón a utilizar, se requiere aplicar la siguiente operación:

$$\frac{\text{Kg. del nutriente faltante } 2.52}{\text{Diferencial de sustitución } .322} = \frac{2.52}{.322} = 7.83\% \text{ H. algodón}$$

°°° La cantidad final de maíz, será igual, a la cantidad establecida de maíz menos, la cantidad de harina de algodón a sustituir:

$$85\% \text{ Maíz} - 7.83\% \text{ H. algodón} = 77.17\% \text{ Maíz}$$

c) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.P.C.
Maíz	77.17	8.8	6.79
Harina de algodón	7.83	41.0	3.21
Heno de alfalfa	12.00	16.7	2.00
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		12.00

c) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.P.C.
Avena	77.59	11.8	9.15
Harina de girasol	15.41	41.0	6.32
Harina de pescado	4.00	63.2	2.53
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		18.00

Balancear una mezcla alimenticia para cerdos reproductores (cerdas lactantes juvenes y adultas), que contenga 13% P.C. (Ver Tabla II). Como ingredientes fijos tenemos, 12% de alfalfa, 2% de fosfato dicalcico, .5% de premezcla mineral y .5% de premezcla vitamínica, como ingrediente semifijo, 85% cebada, y como ingrediente de sustitución, harina de pescado (Ver tablas de composición de alimentos). Balancear por la técnica de sustitución para una necesidad.

Balancear una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), que contenga 16% P.C. (Ver Tabla I). Como ingredientes fijos tenemos, 10% melaza, 2% de fosfato dicalcico, .5% de premezcla mineral y .5% de premezcla vitamínica, como ingrediente semifijo, 87% de maíz, y como ingrediente de sustitución harina de soya. (Ver Tablas de composición de alimentos). Balancear por la técnica de sustitución para una necesidad.

5.2 Técnica de sustitución para dos necesidades.

Balancear una dieta para cerdos en la etapa de preiniciación (5-10 Kg. de P.V.), que contenga 20% P.C. y 0.95% Lisina (Ver tabla I). Utilizaremos como ingredientes fijos, premezcla mineral .5%, premezcla vitamínica .5%, fosfato dicalcico 2% y harina de pescado 3%, como ingrediente semifijo, trigo.

a) Fórmula inicial:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.P.C.	%LISINA	KG.LISINA
Trigo	94.0	12.7	11.94	0.45	.423
H. pescado	3.0	63.2	1.90	5.30	.159
Prem. Min./Vit.	1.0	....	.....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.0</u>	....	<u>.....</u>	....	<u>.....</u>
TOTAL	100.0		13.84		.582
REQUERIMIENTOS	100.0		<u>20.00</u>		<u>.950</u>
DEFICIT			6.16		.368

b) Elemento de sustitución disponible:

Leche entera seca 25.2% P.C. y 2.20% Lisina.

c) Como primera fase se balancea el deficit en lisina y posteriormente, en protefna cruda. El ingrediente en el cual vamos a sustituir, en este caso, es el trigo.

° Conocer el diferencial de sustitución, que es, %Lisina expresado en decimal de la leche entera seca, menos %Lisina expresado en decimal, del trigo:

Leche e. s. 2.20% Lisina = .0220 (-)
 Trigo 0.45% Lisina = .0045
 .0175

°° Para conocer la cantidad de leche entera seca a utilizar, se requiere aplicar la siguiente operación:

$$\frac{\text{Kg. del nutriente faltante}}{\text{Diferencial de sustitución}} = \frac{.3680}{.0175} = 21.03\% \text{ Leche}$$

°°° La cantidad de trigo, sera igual a la cantidad establecida (94%), menos la cantidad de leche entera seca (21.03%):

$$94\% - 21.03\% = 72.97\% \text{ Trigo}$$

d) Se forma una tabla de valores, para conocer el deficit de protefna cruda, y observarvar la corrección en lisina:

INGREDIENTES	%	K.G.P.C.	KG.LISINA
Harina de pescado	3.0	1.9	.159
Trigo	72.97	9.26	.328
Leche entera seca	21.03	<u>5.30</u>	<u>.462</u>
TOTAL		16.46	.950
REQUERIMIENTOS		<u>20.00</u>	<u>.950</u>
DEFICIT		3.54	—

Como se puede observar, la dieta queda balanceada en lisina, pero en protefna aún existe un deficit (3.54%), siendo menor al inicial (6.16).

e) Se procede a balancear a la protefna, para esto se debe buscar un ingrediente protefco, que nos permita realzar una segunda sustitución, con lo cual alcanzaremos el valor de protefna deseado, y a su vez no se altere de masiado el nivel de lisina.

Segundo ingrediente de sustitución: Gluten de maiz 42.9% P.C. y 0.80% Lisina.

° Conocer el diferencial de sustitución, que es, %P.C. _ expresado en decimal, del gluten de maiz, menos %P.C., _ expresado en decimal, del trigo:

$$\begin{array}{r}
 \text{G. de maiz } 42.9\% \text{ P.C.} = .429 \\
 \hline
 \text{Trigo } 12.7\% \text{ P.C.} = .127 \\
 \hline
 .302
 \end{array}
 \quad (-)$$

°° Para obtener la cantidad de gluten de maiz a utilizar se requiere aplicar la siguiente operación:

$$\frac{\text{Kg. del nutriente faltante } 3.54}{\text{Diferencial de sustitución } .302} = 11.72\% \text{ G.de maiz.}$$

°°° La cantidad del trigo sera igual, a la cantidad establecida (72.97%), menos la cantidad de gluten de maiz (11.72%):

$$72.97\% - 11.72\% = 61.25\% \text{ Trigo}$$

f) Mezcla final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.PC.	%LISINA	KG.LISINA
Harina pescado	3.00	63.2	1.90	5.30	.159
Leche entera seca	21.03	25.2	5.30	2.20	.462
Gluten de maiz	11.72	42.9	5.02	0.80	.093
Trigo	61.25	12.7	7.78	0.45	.275
Premezclas Min/Vit	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		20.00		.989

Técnica de sustitución para dos necesidades.

Balancear una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento I (20-35 Kg. de P.V.), que contenga 16% de P.C. y 0.70% de lisina (Ver Tabla I). Como ingredientes fijos tenemos; harina de cacahuete 7%, fosfato dicalcico 2%, y 1% de premezclas mineral y vitamínica (.5% de cada una), como ingrediente semifijo, cebada 90%.

a) Fórmula final:

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.PC.	%LISINA	KG.LISINA
Cebada	90.0	11.6	10.44	0.53	.477
Harina cacahuete	7.0	45.8	3.21	1.30	.091
Prem. Min./Vit.	1.0	....	.....	....	....
Fosfato dicalcico	2.0	....	.....	....	.....
TOTAL	100.0		13.65		.568
REQUERIMIENTOS	100,0		<u>16.00</u>		<u>.700</u>
DEFICIT			2.35		.132

b) Primer elemento de sustitución disponible:

Harina de pescado 63.2% P.C. y 5.3% Lisina.

c) Cantidad del ingrediente de sustitución:

° H. pescado 5.3% Lisina = .0530 (-)
 Cebada .53%Lisina = .0053
 .0477

°° .132/.0477 = 2.77% de harina de pescado.

°°° 90% - 2.77% = 87.23% Cebada

d) Fórmula corregida:

INGREDIENTES	%	KG.P.C.	KG.LISINA
Harina de cacahuete	7.0	3.21	.091
Harina de pescado	2.77	1.75	.147
Cebada	87.23	<u>10.12</u>	<u>.462</u>
TOTAL		15.08	.700
REQUERIMIENTOS		<u>16.00</u>	<u>.700</u>
DEFICIT		0.92	—

e) Segundo ingrediente de sustitución: Harina de algodón 41.0% P.C. y 1.70% Lisina.

Cantidad del segundo ingrediente de sustitución:

° H. algodón 41.0% P.C. = .410 (-)
Cebada 11.6% P.C. = .116
.294

°° 0.92/.294 = 3.13% harina de algodón.

°°° 87.23% - 3.13% = 84.10% Cebada.

f) Fórmula final :

INGREDIENTES	%	%P.C.	KG.PC.	%LISINA	KG.LISINA
Harina de cacahuete	7.0	45.8	3.21	1.30	.091
Harina de pescado	2.77	63.2	1.75	5.30	.147
Harina de algodón	3.13	41.0	1.27	1.70	.053
Cebada	84.29	11.6	9.77	0.53	.446
Premezclas Min./Vit.	1.00	....	....	....	....
Fosfato dicalcico	<u>2.00</u>	....	<u>....</u>	....	<u>....</u>
TOTAL	100.00		16.00		.737

Balancear una dieta para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), que contenga 13% P.C. y 0.57% de lisina (Ver tabla I). Como ingredientes fijos tenemos; alfalfa 10%, fosfato dicalcico 2%, 1% de premezclas mineral y vitamínica (.5% de cada una), como ingrediente semifijo, cebada 87%, como primer ingrediente de sustitución, harina de pescado, y como segundo ingrediente de sustitución, harina de cacahuete (Ver tabla de composición de alimentos). Resolver por la técnica de sustitución para dos necesidades.

Balancear una dieta para cerdos reproductores (cerdas lactantes juvenes y adultas), que contenga 13% de P.C. y 0.58% de Lisina (Ver Tabla II). Como ingredientes fijos tenemos; melaza 10%, fosfato dicalcico 2% y 1% de premezclas mineral y vitamínica (.5% de cada una), como ingrediente semifijo, pulido de arroz 87%, como primer ingrediente de sustitución, harina de pescado, y como segundo ingrediente de sustitución, hareina de algodón (Ver Tablas de composición de alimentos). Resolver por la técnica de sustitución para dos necesidades.

6. Método de Tanteo.

Balancear una ración alimenticia para cerdos en la etapa de iniciación (10-20 Kg. de P.V.), que llene los siguientes requerimientos:

PROTEINA CRUDA (PC)	18%
ENERGIA METABOLIZABLE (EM)	3,160 Kcal.
LISINA	0.79%
CALCIO	0.65%
FOSFORO	0.55%

a) Las demás necesidades del animal, en cuanto a minerales traza y vitaminas, serán cubiertas por la complementación con las premezclas mineral y vitamínica (.5% de cada una).

b) Se eligen los ingredientes que sean necesarios, y el porcentaje de cada uno de ellos se hace al tanteo; de tal modo que se cubran lo mejor posible, todos los requerimientos mencionados.

c) Es de suponer que habrá ciertas diferencias (Mayores o menores) entre los valores obtenidos, con los valores requeridos. Para esto, se pueden corregir de la siguiente manera:

° Si cualquiera de los valores es menor al requerido, principalmente en Proteína Cruda y Energía Metabolizable se puede corregir el porcentaje de los ingredientes que sea necesario, para obtener el valor que mejor cubra sus necesidades, o utilizar otro (s) ingrediente (s) que nos

INGREDIENTES	%	% P.C.		E.M. Kcal.		% LISINA		% CALCIO		% FOSFORO	
		I	R	I	R	I	R	I	R	I	R
MAIZ	72	8.8	6.33	3325	2394	.24	.173	.03	.022	.27	.194
SOYA	19	44.0	8.36	3090	587	2.90	.551	.32	.061	.67	.127
CACAHUATE	6	45.8	2.75	3244	194	1.30	.078	.17	.010	.57	.032
PREMEZCLAS MINERAL Y VITAMINICA	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOSFATO DICALCICO	2	-	-	-	-	-	-	24.00	.480	20.00	.400
TOTAL	-	-	17.44	-	3175	-	.802	-	.573	-	.753
REQUERIMIENTOS	-	-	18.00	-	3160	-	.790	-	.650	-	.550
DEFICIT	-	-	-0.56	-	+15	-	+0.012	-	-.077	-	+0.203
MAIZ	71	8.8	6.248	3325	2361	.24	.170	.03	.021	.27	.192
HARINA DE SOYA	18	44.0	7.920	3090	557	2.90	.522	.32	.058	.67	.121
HARINA DE PESCADO	2	63.2	1.264	2398	48	5.3	.106	7.87	.157	3.61	.072
TOTAL CORREGIDO	-	-	18.18	-	3160	-	.876	-	.728	-	.817
DEFICIT CORREGIDO	-	-	+0.182	-	0	-	+0.086	-	+0.078	-	+0.267

ayude a llenar los requerimientos del animal.

- d) Al corregir el valor deseado, se debe tener cuidado de no alterar los demás valores (que no lleguen a ser menores de los requeridos).
- e) Cuando los valores son mayores a los requeridos, se les pone un signo (+) y cuando son menores un signo (-).
- f) Cuando la mezcla tiene valores mayores a los requeridos, se puede aceptar así, siempre y cuando estos valores no sean muy altos, si así fuera se tiene que corregir nuevamente, para evitar un desperdicio innecesario.

La mezcla inicial tiene varias deficiencias; en proteína cruda (0.56%) y en calcio (0.077%), las cuales se han corregido variando los porcentajes de maíz y harina de soya además de contar con un nuevo ingrediente, harina de pescado. los valores iniciales de maíz y harina de soya se anulan y se toman en cuenta los dos de abajo; dichos valores se deben de borrar y corregir ahí mismo, pero se ha realizado de esta manera, para una mayor comprensión. Con lo anterior el total y déficit corregidos son los valores con que finalmente queda la dieta.

Método de Tanteo.

Balancear una dieta para cerdos en la etapa de crecimiento II (35 - 60 Kg. de p.v.), que llene los siguientes requerimientos:

	*
Proteína cruda (PC)	14 %
Energía metabolizable (EM)	3,190 Kcal
Lisina	0.61 %
Calcio	0.55 %
Fósforo	0.45 %

* (NRC., 1979)

INGREDIENTES	%	% P.C.		E.M. Kcal.		% LISINA		% CALCIO		% FOSFORO	
		I	R	I	R	I	R	I	R	I	R
SORGO	90	8.9	8.01	3229	2906	.22	.20	.04	.036	.29	.26
HARINA DE SOYA	10	44.0	4.40	3090	309	2.90	.29	.32	.032	.67	.067
PREMEZCLA MINERAL Y VITAMINICA	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOSFATO DICALCICO	2	-	-	-	-	-	-	24.00	.480	20.00	0.400
TOTAL	-	-	12.41	-	3215	-	.49	-	.548	-	.727
REQUERIMIENTOS	-	-	14.00	-	3190	-	.61	-	.550	-	.450
DEFICIT	-	-	-1.59	-	+25	-	-.12	-	-.002	-	+.277
SORGO	87	8.9	7.743	3229	2809	.22	.191	.04	.035	.29	.252
HARINA DE PESCADO	3	63.2	1.896	2398	72	5.30	.159	7.89	.236	3.61	.108
TOTAL CORREGIDO	-	-	14.04	-	3190	-	.64	-	.783	-	.827
DEFICIT CORREGIDO	-	-	+0.4	-	0	-	+.03	-	+.233	-	+.377

Método de Tanteo.

Balancear una dieta para cerdos reproductores (cerdas lactantes jóvenes y adultas), que llene los siguientes requerimientos (Ver Tabla II):

Proteína cruda (PC)
Energía metabolizable (EM)
Lisina
Calcio
Fósforo

Ver Tabla de composición de alimentos (Anexos)

INGREDIENTES	%	% P.C.		E.M. Kcal		% LISINA		% CALCIO		% FOSFORO	
		I	R	I	R	I	R	I	R	I	R

Método de Tanteo.

Balancear una ración alimenticia para cerdos en la etapa de preiniciación (5 - 10 Kg. de p.v.) que llene los siguientes requerimientos (Ver Tabla I):

Proteína cruda (P.C.)
Energía metabolizable (E.M.)
Lisina
Calcio
Fósforo

Ver Tabla de composición de alimentos (Anexos)

7. Formulación de raciones para ganado, por medio de la Programación Lineal.

Con los metodos matemáticos que hemos descrito anteriormente, podemos formular raciones que cubran los requerimientos nutricionales de uno hasta tres nutrientes, con dos o más alimentos. Sin embargo, para balancear dietas con un mayor número de alimentos, imponiendo restricciones de máximos y mínimos tanto a los alimentos como a los nutrientes y logrando a la vez que las raciones sean las más económicas, los métodos anteriores son insuficientes.

Cuando la ración se balancea con una combinación de ingredientes buscando que el costo total sea el más bajo posible, la formula resultante se denomina "Ración de Mínimo Costo" y es muy difícil determinarla manualmente. Si empleamos requerimientos de nutrientes iguales y limitaciones de ingredientes, las fórmulas o raciones de costo mínimo no son mejores ni peores, que otras raciones, desde el punto de vista nutricional, la única diferencia es el precio, siempre más bajo para la ración de costo mínimo.

La técnica utilizada para calcular raciones de costo mínimo se denomina "Programación Lineal". Siempre y cuando los modelos que se elaboren se ajustan a las siguientes hipótesis básicas (Palacios V.E., 1977 (21)):

- Aditividad y linealidad.
- Divisibilidad.
- Finititud de procesos.

° Certidumbre sobre la información.

Se sabe que los ingredientes individuales de los alimentos no siempre funcionan como procesos lineales cuando se mezclan con otros ingredientes, además, muchas funciones biológicas son de naturaleza curvilínea en lugar de rectilínea. Las fórmulas de costo mínimo se pueden expresar como porcentaje de cada ingrediente alimenticio seleccionado como unidad de peso (sistema métrico decimal o como sistema inglés). Es evidente que la fórmula obtenida solo servirá bajo el conjunto de especificaciones de restricciones y precios incluidos para los alimentos. Las restricciones son limitaciones especificadas ya sea mínimo, máximo o igualdad sobre nutrientes y/o ingredientes. A medida que se modifican los costos de los alimentos y/o las restricciones que pesan sobre una ración cambia también la fórmula de costo mínimo.

Los modelos matemáticos formulados con la programación lineal se pueden resolver en forma gráfica y matemática. Para la solución matemática se usa el "Método Simplex", que fue desarrollado por Dantzig, 1947, según Espinosa Berriel, H.M. 1975 (21).

Cuando los modelos matemáticos son pequeños, o sea que se componen de unas dos variables y dos o tres restricciones, los cálculos que implican el método simplex podemos hacerlos con calculadoras de escritorio; en cambio para modelos complejos se requiere del uso de computadoras.

La cantidad de alimentos escogidos para la ración de cos

to mínimo es igual o menor al número de restricciones que entran en la formulación de dicha ración. Por ejemplo, si las únicas restricciones especificadas son de energía y proteína, la ración final tendrá un máximo de dos ingredientes; uno será la fuente de energía de costo mínimo y el otro la fuente de proteína de costo mínimo. Si en alguna circunstancia existiera un alimento cuya fuente de energía y proteína fuera la de costo mínimo, la computadora solo escogería este alimento. Por otra parte, si se toman restricciones sobre energía, proteína, calcio, fósforo, fibra, vitamina A; la máquina podría elegir hasta seis alimentos.

La solución gráfica es factible cuando se formula una ración con solo dos alimentos. Si bien hay limitación en el número de alimentos, el método permite considerar cualquier número de restricciones. A continuación se ilustra la metodología que se sigue al balancear una ración para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.).

7.1 Programación lineal, utilizando gráficas.

Formular una dieta para cerdos en la etapa de finalización (60-100 Kg. de P.V.), contando para su elaboración con maíz y harina de soya.

a)	RESTRICCIONES	INGREDIENTES		REQUERIMIENTOS
.....	Maiz	H. soya	.....	* .....
% P.C.	8.8	44.0		18.0
E.M. Kcal	3325	3090		3160
% LISINA	.24	2.90		0.79
Mn F.C. %	2.0	7.0		3
Mx F.C. %	2.0	7.0		5
COSTO/KG.	19.20	31.0		0

* (NRC., 1979)

b) Se procede a formar una función de cada una de las restricciones:

$$\begin{aligned}
 \text{P.C.} &= 8.8 X_1 + 44.0 X_2 & 18 \\
 \text{E.M.} &= 3325 X_1 + 3090 X_2 & 3160 \\
 \text{LISINA} &= 0.24 X_1 + 2.90 X_2 & 0.79 \\
 \text{Mn.F.C.} &= 2 X_1 + 7 X_2 & 3 \\
 \text{Mx.F.C.} &= 2 X_1 + 7 X_2 & 5
 \end{aligned}$$

c) Estas funciones se deben de transformar en igualdades

$$\begin{aligned}
 8.8 X_1 + 44.0 X_2 &= 18 \\
 3325 X_1 + 3090 X_2 &= 3160 \\
 0.24 X_1 + 2.90 X_2 &= 0.79 \\
 2 X_1 + 7 X_2 &= 3
 \end{aligned}$$

$$2 X_1 + 7 X_2 = 5$$

d) Para poder gráficar estas líneas se requiere igualar a cero todas las variables:

Para P.C.:

Cuando

$$X_1 = 0 \quad X_2 = 18/44 = .409 \text{ (B)}$$

$$X_2 = 0 \quad X_1 = 18/8.8 = 2.04 \text{ (A)}$$

Para E.M.

Cuando

$$X_1 = 0 \quad X_2 = 3160/3090 = 1.02 \text{ (D)}$$

$$X_2 = 0 \quad X_1 = 3160/3325 = 0.95 \text{ (C)}$$

Para LISINA

Cuando

$$X_1 = 0 \quad X_2 = 0.79/2.90 = 0.27 \text{ (F)}$$

$$X_2 = 0 \quad X_1 = 0.79/0.24 = 3.29 \text{ (E)}$$

Para Mn.F.C.

Cuando

$$X_1 = 0 \quad X_2 = 3/7 = 0.43 \text{ (H)}$$

$$X_2 = 0 \quad X_1 = 3/2 = 1.50 \text{ (G)}$$

Para Mx.F.C.

Cuando

$$X_1 = 0 \quad X_2 = 5/7 = 0.71 \text{ (J)}$$

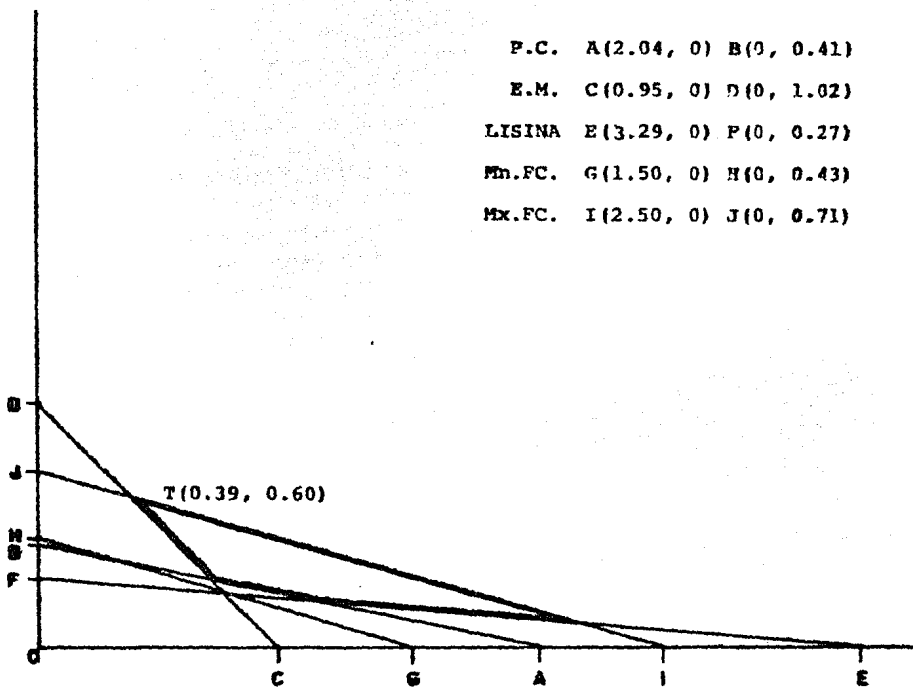
$$X_2 = 0 \quad X_1 = 5/2 = 2.50 \text{ (I)}$$

e) Formandose las siguientes parejas de puntos:

P.C.	A (2.04, 0)	B (0, 0.41)
E.M.	C (0.95, 0)	D (0, 1.02)
LISINA	E (3.29, 0)	F (0, 0.27)
Mn.F.C.	G (1.50, 0)	H (0, 0.43)
Mx.F.C.	I (2.50, 0)	J (0, 0.71)

f) Se procede a gráficar los puntos anteriores:

P.C. A(2.04, 0) B(0, 0.41)
 E.M. C(0.95, 0) D(0, 1.02)
 LISINA E(3.29, 0) F(0, 0.27)
 Mn.FC. G(1.50, 0) H(0, 0.43)
 Mx.FC. I(2.50, 0) J(0, 0.71)



g) En la gráfica anterior se ha marcado una zona oscura, que corresponde al área de solución posible, para el problema; esto quiere decir que cualquier punto que se escoja de dicha zona, llenará los requisitos mencionados pero no todas las soluciones serán iguales en costo.

Para obtener la ración a mínimo costo del problema, se toma en cuenta el punto más cercano al origen (punto T) y que este comprendido en el área de solución.

Para obtener la solución óptima, basta conocer las coordenadas del vértice o punto "T". Algebraicamente la solución se obtiene resolviendo simultáneamente el sistema de ecuaciones de las dos líneas que cruzan en este punto (E.M. y Mx.F.C.):

$$\begin{array}{rcl} \text{E.M.} & 3325 X_1 + 3090 X_2 = 3160 & \dots \text{ ec. 1} \\ \text{Mx F.C.} & 2 X_1 + 7 X_2 = 5 & \dots \text{ ec. 2} \end{array}$$

Despejando "X1" en la primera ecuación:

$$X_1 = \frac{3160 - 3090 X_2}{3325} = .95 - .93 X_2$$

Se sustituye el valor de "X1" en la segunda ecuación:

$$\begin{array}{l} 2(.95 - .93 X_2) + 7 X_2 = 5 \\ 1.9 - 1.86 X_2 + 7 X_2 = 5 \\ 5.14 X_2 = 3.1 \\ X_2 = 3.1/5.14 \\ X_2 = 0.603 \end{array}$$

Este valor se sustituye en la primera ecuación:

$$\begin{aligned}
 3325 X1 + 3090(.603) &= 3160 \\
 3325 X1 &= 3160 - 1863 \\
 X1 &= 1297/3325 \\
 X1 &= .390
 \end{aligned}$$

Los valores obtenidos corresponden a:

X1 = Maíz.
 X2 = Harina de soya.

h) Se procede a verificar los aportes de nutrientes en la mezcla final:

INGREDIENTES	KG.	%PC.	APOR E.M.	APOR %LI-	APOR %FC.	APOR
.....	.....	.....	TE. Kcal	TE. SINA	TE. ...	TE.
Maíz	.390	8.8	3.43 3325	1297	0.24 0.09	2 0.78
H. de soya	<u>.603</u>	44.	<u>26.53</u> 3090	<u>1863</u>	2.90 <u>1.75</u>	7 <u>4.22</u>
TOTAL	.993		29.96	3160	1.84	5.00

i) Costo de la dieta por Kg.

$$\begin{aligned}
 \text{Maíz } .390 \text{ Kg.} &\times \$19.20 = 7.49 \\
 \text{H. de soya } \underline{.603} \text{ Kg.} &\times \$31.00 = \underline{18.69} \\
 \text{.993 Kg.} &\text{-----} 26.18 \text{ pesos}
 \end{aligned}$$

$$\underline{.993 \text{ Kg.} = 29.96\% \text{P.C., } 3160 \text{ Kcal EM, } 1.84\% \text{ Lisina, } 5\% \text{FC.}}$$

\$ 26.18

7.2 Programación Lineal, por medio de la computadora (Calculadora HEWLETT PACKARD 41 CV).

El modelo de programación lineal que se elabora para la computadora se hace siguiendo la misma metodología que hemos empleado para elaborar el correspondiente en la solución gráfica (y en el método simplex). La razón es que la computadora no trabaja con otro método, sino con el simplex. Las ventajas de la computadora con respecto a nosotros son que nos resuelve modelos de programación lineal más complejos, en menos tiempo y que nos da información que en forma natural no podemos obtener (21).

A continuación describimos las partes que lo constituyen:

PRIMERA

- ° Se compone de la información que se usa para elaborar el modelo.
- ° Composición nutritiva de los alimentos con los que se quiere balancear la ración. Incluyendo únicamente los nutrientes de interés en la formulación.
- ° Requerimientos nutricionales del animal para el que deseamos formular.
- ° Máximos y mínimos de cada nutriente considerado.
- ° Máximos óptimos de cada alimento considerado.
- ° Precio por Kg. o tonelada de cada alimento o ingrediente.

SEGUNDA

- ° Se procede a codificar la información del modelo.

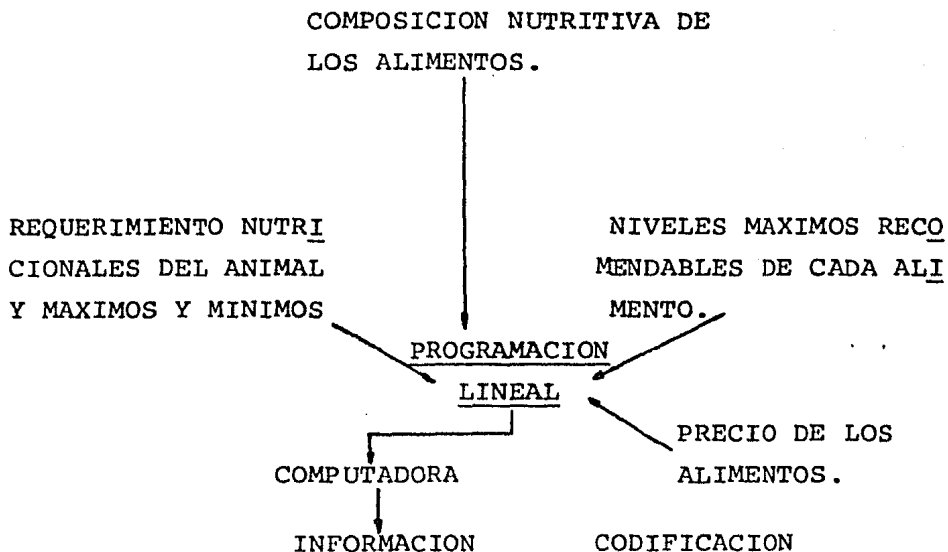
Precisamente con dicha información el programador alimenta a la computadora y esta ofrece la solución.

TERCERA

Conciste en los resultados que proporciona la computadora, a saber:

- Fórmula de menor costo y el costo de la ración.
- La composición nutritiva de la ración de menor costo.
- El precio al cual los alimentos que no integraron la ración, sí podrían estar en la ración de menor costo.
- El rango de precios al cual los alimentos seguirán integrando la ración de menor costo.

Para una mayor claridad, a continuación se resume la información en la gráfica siguiente:



*Diagrama del programa de cómputo que muestra la información que entra y sale de la computadora (Miller, E.C., Miller, E.R. y Ullrey, D.E., 1975) (21)

Programaci6n lineal, por medio de la calculadora HEWLETT
PACKARD 41 CV.

Formular una dieta alimenticia para cerdos en la etapa _
de iniciaci6n (10-20 Kg. de P.V.), que llene los siguient
tes requerimientos:

a) MATERIA HUMEDA (BASE HUMEDA B.H.)	1.0 KG.
PROTEINA CRUDA (P.C.)	180 g.
ENERGIA METABOLIZABLE (E.M.)	3,160 Mcal.
LISINA	7.9 g.
METIONINA	5.1 g.
TREONINA	5.1 g.

b) Ingredientes disponible para la formulaci6n:

INGREDIENTES	\$Kg.	PC.g.	EM, Mcal	LIS g	METIO.g	TREO.g
Trigo	18.2	127	3.3	4.5	1.8	3.6
Cebada	19.2	116	2.9	5.3	1.8	3.6
Mafz	19.2	88	3.3	2.4	1.7	3.6
H. pescado	55.0	632	2.4	53.0	18.0	29.0
H. algod6n	30.6	410	2.6	17.0	23.0	16.0
Sorgo	12.2	89	3.2	2.2	0.9	2.7
P. de arroz	21.0	122	3.0	5.7	2.7	4.0
H. de soya	31.0	440	3.1	29.0	6.0	17.0

c) Colocar los datos en el cuadro de formulaci6n con un
m6ximo de once renglones y once columnas.

CUADRO DE FORMULACION

INGRE - DIENTES		TRIGO	CEBADA	MAIZ	HARINA PESCADO	HARINA ALGODON	AVENA	PULIDO ARROZ	HARINA SOYA				REQUE RI - MIEN - TOS.
M.S.	B.H.	.89	.89	.86	.92	.94	.89	.90	.89				1
POR	B.S.	1	1	1	1	1	1	1	1				1
Kg.													
P.C. g/Kg		127	116	88	632	410	89	122	440				180
EM Mcal/Kg		3.3	2.9	3.3	2.4	2.6	3.2	3.0	3.1				3.16
LISINA g/Kg		4.5	5.3	2.4	53	17	2.2	5.7	29				7.9
METIO. g/Kg		1.8	1.8	1.7	18	23	0.9	2.7	6.0				5.1
TREON. g/Kg		3.6	3.6	3.6	29	16	2.7	4.0	17				5.1
COSTO	B.H.	18.2	19.2	19.2	55	30	612	221	31				0
POR	B.S.	20.4	22.4	22.4	59.7	32.5	13.7	233	34.8				
Kg.													

d) Bajo la colocación de los ingredientes y de los nutrientes a cubrir se especifican las restricciones. En este ejemplo presentamos las restricciones:

1.	MATERIA HUMEDA	≠	1.0
2.	PROTEINA CRUDA	≡	- 180
3.	ENERGIA METABOLIZABLE	≡	- 3,160
4.	LISINA	≡	- 7.9
5.	METIONINA	≡	- 5.1
6.	TREONINA	≡	- 5.1

Si la restricción es \geq , los valores del renglón se escriben con signo negativo.

Si la restricción es \leq , los valores del renglón se escriben con signo positivo

En este ejemplo no se ha colocado restricción para los ingredientes.

e) A continuación se deben de tomar en cuenta los siguientes pasos, para poner a funcionar la calculadora:

PASO	INSTRUCCION	ENTRADA	FUNCION	SALIDA
01	Cargar programas a la calculadora (11 lados) (de preferencia que no existan otros programas)	Insertar lado KK por lectora.		RDY KK Of 11
02	Colocar a la calculadora en el tamaño requerido para cálculos.	"SIZE" 142	XEQ ALPHA ALPHA	SIZE
03	Empezar el programa	"RMC"	XEQ ALPHA	Título?
04	Colocar el título deseado "ejemplo"	"ejemplo"	R/S	Renglones ?

PASO	INSTRUCCION	ENTRADA	FUNCION	SALIDA
05	Meter el número de renglones que tiene la matriz	4	R/S	Columnas ?
06	Meter el número de columnas que tiene la matriz	4	R/S	Dates/tarj.?
07	Indicar si los datos de la matriz se encuentran grabados en tarjetas magnéticas y se responde "S" (si) o "N" (no)	N	R/S	A 1.1 ?
08	Indicar el dato del renglón 1 columna 1	1	R/S	A 1.2 ?
09	Indicar el dato del renglón 1 columna 2	1	R/S	A 1.3 ?
10	Indicar el dato del renglón i columna j	aij	R/S	A jj ? A 4.4 ?
11	Indicar el último dato renglón 4 columna 4	0	R/S	Grabar tarjeta?
12	Indicar si se desea grabar los datos en tarjeta magnética se responde "S" (si) o "N" (no)	S N	R/S PHIT R/S	Meter tarjeta en blanco checar.
13	Indicar si se desea checar los datos de la matriz se responde "S" (si) o "N" (no)	S	R/S	A 1.1 = () ?

f) Los resultados fueron los siguientes:

Ración

Ingrediente 1 = 0.57 (Trigo)
Sup = 2.31
Inf = 3.80
Ingrediente 8 = 0.08 (H. de soya)
Sup = 9.31
Inf = 12.93
Ingrediente 6 = 0.20 (Sorgo)
Sup = 4.02
Inf = LIBRE
Ingrediente 5 = 0.15 (H. de algodón)
Sup = 38.51
Inf = 30.03

(Costo mínimo) \$ Mín = 19.88

Análisis de sensibilidad:

(Costo del nutriente) C.NTR 1 = 100.63
Sup = 0.01
Inf = 0.02
C.NTR 5 = 1.39
Sup = 0.86
Inf = 0.90
C.NTR 3 = 34.48
Sup = 0.03
Inf = 0.07
C.NTR 4 = 0.57
Sup = 9.69
Inf = 0.59

EXCEDENTES	REQUERIDO	TOTAL
Nutriente 2 = 6.95	180	186.95
Nutriente 6 = 1.25	5.1	6.35

Costos reducidos:

Ingrediente 2 = - 14.34	(Cebada)
Ingrediente 3 = - 2.33	(Maíz)
Ingrediente 4 = - 17.88	(H. de pescado)
Ingrediente 7 = - 12.19	(Pulido de arroz)

Si queremos una mayor cantidad de ingredientes o alimentos que los seleccionados por la calculadora, se se pueden especificar niveles mínimos de algunos ingredientes. Generalmente la calidad de la ración no se ve afectada al forzar ciertos alimentos en la solución, porque la calculadora los balancea con las cantidades de otros ingredientes que se requieren para satiafacer los requisitos. El costo de la ración es siempre más elevado cuando se forza en la selección de alimentos que normalmente no se escogerían, debido a la relación desfavorable entre su precio y contenido de nutriente.

g) Conocido el resultado de la ración de mínimo costo, se programará (Como ejemplo de restricciones en los alimentos y la manera de incluir otros alimentos a la dieta) para los ingredientes excluidos, maíz y harina de pescado una cantidad mínima (.05Kg.). También se ha marcado una restricción para el ingrediente, harina de algodón, la calculadora lo incluye en 0.15 Kg., y la restricción marcada sera de 0.10 Kg. como cantidad máxima.

Se procede a formar un segundo cuadro de formulación, con las restricciones mencionadas:

CUADRO DE FORMULACION

INGREDIENTES		TRIGO	CEBADA	MAIZ	HARINA	PESCADO	HARINA	ALGODON	AVENA	PULIDO	ARROZ	HARINA	SOYA	REQUERIMIENTOS
NUTRIENTES														
M.H. POR Kg.	B.H.	.89	.89	.86	.92	.94	.89	.90	.89					1
P.C. g/Kg		127	116	88	632	410	89	122	440					180
EM Mcal/Kg		3.3	2.9	3.3	2.4	2.6	3.2	3.0	3.1					3.16
LISINA g/Kg		4.5	5.3	2.4	53	17	2.2	5.7	29					7.9
METIO. g/Kg		1.8	1.8	1.7	18	23	0.9	2.7	6.0					5.1
TREON. g/Kg		3.6	3.6	3.6	29	16	2.7	4.0	17					5.1
		0	0	-1	0	0	0	0	0					0.05
		0	0	0	-1	0	0	0	0					0.05
		0	0	0	0	1	0	0	0					0.10
COSTO POR Kg.	B.H.	182	192	192	55	306	122	21	31.					0
	B.S.	204	224	224	59.7	32.5	13.7	233	348					

Los ingredientes modificados fueron:

Maíz - 0.05

Harina de pescado	- 0.05
Harina de algodón	0.10

Se coloca para el ingrediente a incluir, un número (- 1) en la casilla que le corresponde y se colocan ceros para los otros ingredientes.

Se coloca para el ingrediente con restricción un número (1) en la casilla que le corresponde y se colocan ceros para los otros ingredientes.

h) Colocar a la calculadora en el tamaño de programa _ adecuado y seguir los pasos ya mencionados.

Los resultados fueron los siguientes:

Ración de costo mínimo:

Ingrediente 1 =	0.75	(Trigo)
Sup =	1.52	
Inf =	3.21	
Ingrediente 6 =	0.03	(Sorgo)
Sup =	3.23	
Inf =	11.15	
Ingrediente 5 =	0.10	(H. de algodón)
Sup =	48.05	
Inf =	LIBRE	
Ingrediente 3 =	0.05	(Maíz)
Sup =	LIBRE	
Inf =	1.47	
Ingrediente 4 =	0.07	(H. de pescado)
Sup =	10.03	
Inf =	42.46	

(Costo Mínimo) \$ Min = 22.00

Analisis de sensibilidad:

(Costo del nutriente) C.NTR 1 = 73.27
Sup = 1.23
Inf = 0.03
C.NTR 7 = 1.47
Sup = 0.28
Inf = 0.05
C.NTR 9 = 48.05
Sup = 0.01
Inf = 0.02
C.NTR 5 = 3.70
Sup = 0.08
Inf = 0.29
C.NTR 3 = 25.67
Sup = 4.17
Inf = 0.11

EXCEDENTES	REQUERIDO	TOTAL
Nutriente 2 = 10.01	180	190.01
Nutriente 4 = 1.30	7.9	9.20
Nutriente 6 = 1.61	5.1	6.71
Nutriente 8 = 0.05	0.02	0.07

Costos reducidos:

Ingrediente 2 = - 11.37 (Cebada)
Ingrediente 7 = - 9.86 (Pulido de arroz)
Ingrediente 8 = - 2.48 (Harina de soya)

i) Rango de precios al formular, bajo programación lineal:

La calculadora desarrolla además de la ración de mínimo costo, un rango de precios para los ingredientes seleccionados, sin que esto altere la fórmula de mínimo costo. Por ejemplo en la fórmula del ejercicio tenemos que, la ración de mínimo costo seleccionó al ingrediente 1 (trigo) con un total de 0.75 Kg. y se conoce que el costo por Kg. en base húmeda es de \$ 18.2, la calculadora nos indica un rango de 3.21 inferior y 1.52 superior. Si el precio del ingrediente trigo cae por debajo de 3.21 pesos (rango más bajo $18.2 - 3.21 = 14.99$), es decir cuesta \$ 14.99 y todos los demás ingredientes permanecen constantes, se utilizará una cantidad mayor de este ingrediente en la fórmula de mínimo costo. Si dentro del rango inferior aparece la indicación LIBRE, esto significa que aunque el ingrediente reduzca su costo, no se utilizará más de esa cantidad, debido a que el ingrediente se tiene restringido a una cantidad máxima. Si por el contrario el costo se eleva por encima del rango superior ($18.2 + 1.52 = 19.72$), es decir que el costo del Kg, del trigo en base húmeda sea de \$ 19.72 y el costo de los otros ingredientes permanecen constantes, se utilizará una cantidad menor. Si dentro del rango superior aparece la indicación LIBRE, esto significa que aunque el costo del ingrediente se incrementa, no se utilizará menos de esa cantidad, es decir, la cantidad del ingrediente permanecerá constante. Finalmente en cualquiera de los casos (incremento o decremento del costo del ingrediente), la cantidad de los otros ingredientes de la fórmula cambian también con las adiciones o eliminaciones posibles de los

ingredientes.

j) Precios de oportunidad (costo reducido)

La calculadora también muestra una lista de los ingredientes disponibles no utilizados y el costo menor que deberían tener (precios de oportunidad). Tomemos como ejemplo la fórmula del ejercicio, en la que nos muestra el costo reducido del ingrediente 8 harina de soya \$2.48 es decir el costo de \$ 31.0 por Kg. de base húmeda de la harina de soya, no constituye un precio de buena adquisición; pero se deberá escoger para la ración de mínimo costo si su precio es de \$ 28.52 ($31.0 - 2.48 = 28.52$) y si los precios de todos los demás alimentos se mantienen constantes. La calculadora da los valores para todos los ingredientes no utilizados en la fórmula.

El rechazo de los ingredientes por la calculadora, no significa necesariamente que no sean buenas fuentes de nutrientes, solo quiere decir que su precio es muy alto en relación a los demás ingredientes que componen la ración.

El establecimiento de especificaciones apropiadas de nutrientes y la limitación de ingredientes individuales a porcentajes de una ración que den como resultado una mezcla apetitosa, son determinantes primordiales del éxito de las raciones formuladas por la calculadora.

k) Análisis de sensibilidad.

La calculadora también valora los costos de las restric-

ciones que afectan a la solución de la fórmula de costo mínimo. Los "costos marginales" son el costo de la última unidad de esta restricción, de modo adicional, se da el rango de valores entre los que se aplican los precios marginales. Esta información resulta útil para evaluar la cotribución relativa de las diversas restricciones al costo total de la ración.

Costos del nutriente que afecta la ración.

NOMBRE	RESTRICCIÓN		COSTO POR CAM BIO UNITARIO	RANGO	
	MINIMO/MAXIMO			INF.	SUP.
Materia húmeda	1		73.27	0.03	1.23
Maiz	0.05		1.47	0.05	0.28
H. algodón	0.10		48.05	0.02	0.01
Metionina	5.1		3.70	0.29	0.08
Energía metab.	3.16		25.67	0.11	4.17

Para nuestra ración, las restricciones se cumplen para todos los nutrientes. La energía metabolizable alcanza la restricción mínima de 3.16 Mcal.. Si en lugar de 3.16 Mcal. se especificará un mínimo de 4.16 Mcal. y todos los demás nutrientes permanecieran sin cambios, la fórmula costaría (costo mínimo de la ración \$ 22.0 + 25.67 = \$ 47.67), donde 25.67 es el costo de incremento por unidad. A la inversa, si la restricción mínima bajará a 3.05 Mcal. la ración de costo mínimo bajaría de (\$ 22.0 - \$ 2.82 = \$ 19.18), donde 2.82 es igual al costo mínimo de la ración (22.0) multiplicado por el rango inferior del costo del nutriente 3 (0.11).

El precio marginal se aplica solo dentro del rango dado de (\$ 107.04 a \$ 19.18). Los cambios en el costo fuera de este rango se pueden determinar mediante otra fórmula.

1) Excedentes:

Finalmente la máquina indica la cantidad excedida (positiva o negativa) para aquellos nutrientes que se vean involucrados.

NUTRIENTES	REQUERIDO	EXCEDENTE	TOTAL
Proteína cruda	180	10.01	190.01
Lisina	7.9	1.30	9.20
Treonina	5.1	1.61	6.71
Harina de pescado	0.05	0.02	0.07

En algunos casos es más económico incluir un exeso de un nutriente en lugar de limitarlo al nivel exacto, lo que constituye una razón por lo que las restricciones mínimas o máximas o ambas se utilizan en lugar de las igualdades.

11) Limitaciones de la formulación de raciones por calculadora.

Las calculadoras permiten una rápida formulación de raciones que cubran las especificaciones nutritivas para una fórmula dada de mínimo costo. A causa de la posible precisión en el uso de las calculadoras, cabe la tentación de olvidar que solamente la fórmula producida es válida, en tanto lo sean los datos suministrados a la calculadora. Las tablas de composición de nutrientes deben

ser revisadas para estar seguro de que reflejan de una forma cierta los ingredientes que se van a usar. Las especificaciones nutritivas también deberán revisarse para estar al día de los cambios producidos por nuevas investigaciones. Una atención rigurosa a la calidad de los ingredientes es esencial para una formulación óptima. Para obtener mejores resultados se debe analizar los alimentos a utilizar para determinar su contenido de nutrientes antes de formular. (este programa fué realizado por: Ing. José Landeros., Dr. D. Hurley Phee., M. V.Z. Paz Melgarejo v.).

IV. A N E X O S

ALFALFA, parte aérea, desh.
mol, mn. 17% prot.
Ref. núm. 1-00-023

MATERIA SECA (MS)	% 92.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 17.9
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	2580
METABOLIZABLE (EM)	2270
FIBRA CRUDA (FC)	% 24.3
CALCIO	% 1.44
FOSFORO	% 0.24
POTASIO	% 2.49
SODIO	% 0.09
METIONINA	% 0.20
TREONINA	% 0.80
LISINA	% 0.80

ALFALFA, heno curada al sol mol.
harina de alfalfa.
Ref. núm. 1-00-111

MATERIA SECA (MS)	% 93.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 16.7
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	1382
METABOLIZABLE	1276
FIBRA CRUDA	% 25.8
CALCIO	% 1.24
FOSFORO	% 0.28
POTASIO	% 2.27
SODIO	% 0'18
METIONINA	% ———
TREONINA	% ———
LISINA	% ———

ALGODON, harina de semillas
41% de prot.
Ref. núm. 5-01-617

MATERIA SECA (MS)	% 94.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 41.0
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	2942
METABOLIZABLE (EM)	2565
FIBRA CRUDA (FC)	% 12.0
CALCIO	% 0.16
FOSFORO	% 1.20
POTASIO	% 1.40
SODIO	% 0.04
METIONINA	% 0.65
TREONINA	% 1.45
LISINA	% 1.70

ARROZ, PUDIDO DE, desh. (AAFCO)
(CFA)
Ref. núm. 4-03-043

MATERIA SECA (MS)	% 90.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 12.2
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3792
METABOLIZABLE (EM)	3000
FIBRA CRUDA (FC)	% 4.1
CALCIO	% 0.05
FOSFORO	% 1.31
POTASIO	% 1.06
SODIO	% 0.11
METIONINA	% 0.27
TREONINA	% 0.40
LISINA	% 0.57

AVENA, grano.
Ref. núm. 4-03-309

MATERIA SECA (MS)	% 89.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 11.8
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	2860
METABOLIZABLE (EM)	2668
FIBRA CRUDA (FC)	% 11.0
CALCIO	% 0.10
FOSFORO	% 0.35
POTASIO	% 0.37
SODIO	% 0.06
METIONINA	% 0.18
TREONINA	% 0.36
LISINA	% 0.36

CACAHUATE, harina de,
Ref. núm. 5-03-649

MATERIA SECA (MS)	% 90.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 45.8
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3772
METABOLIZABLE (EM)	3244
FIBRA CRUDA (FC)	% 11.0
CALCIO	% 0.17
FOSFORO	% 0.57
POTASIO	% 1.15
SODIO	% ———
METIONINA	% 0.40
TREONINA	% 1.40
LISINA	% 1.30

CAÑA DE AZUCAR, melaza de,
Ref. núm. 4-04-696

MATERIA SECA (MS)	% 75.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 3.2
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	2462
METABOLIZABLE (EM)	2343
FIBRA CRUDA (FC)	% 5.0
CALCIO	% 0.89
FOSFORO	% 0,08
POTASIO	% 2.38
SODIO	% 0.90
METIONINA	% —
TREONINA	% —
LISINA	% —

CEBADA, grano
Ref. núm. 4-00-530

MATERIA SECA (MS)	% 89.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 11.6
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3080
METABOLIZABLE (EM)	2876
FIBRA CRUDA (FC)	% 5.0
CALCIO	% 0.08
FOSFORO	% 0.42
POTASIO	% 0.56
SODIO	% 0.02
METIONINA	% 0.18
TREONINA	% 0.36
LISINA	% 0.53

GANADO VACUNO, leche entera
seca, (AAFCO)
Ref. núm. 5-01-167

MATERIA SECA (MS)	% 93.7
PROTEINA CRUDA (PC)	% 25.2
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	5165
METABOLIZABLE (EM)	4679
FIBRA CRUDA (FC)	% 0.2
CALCIO	% 0.89
FOSFORO	% 0.68
POTASIO	% 1.01
SODIO	% 0.36
METIONINA	% 0.60
TREONINA	% 1.00
LISINA	% 2.20

GIRASOL, harina de semillas
sin cáscara, ext. por pres.
Ref. núm. 5-04-738

MATERIA SECA (MS)	% 93.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 41.0
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3116
METABOLIZABLE (EM)	2715
FIBRA CRUDA (FC)	% 13.0
CALCIO	% 0.43
FOSFORO	% 1.04
POTASIO	% 1.08
SODIO	% —
METIONINA	% 1.60
TREONINA	% 2.30
LISINA	% 2.00

MAIZ, dentado amarillo
grano.
Ref. núm. 4-02-935

MATERIA SECA (MS)	% 86.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 8.8
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3525
METABOLIZABLE (EM)	3325
FIBRA CRUDA (FC)	% 2.0
CALCIO	% 0.03
FOSFORO	% 0.27
POTASIO	% 0.33
SODIO	% 0.01
METIONINA	% 0.17
TREONINA	% 0.36
LISINA	% 0.24

MAIZ, harina de gluten, mol.
húmedo desh.
Ref. núm. 5-02-900

MATERIA SECA (MS)	% 91.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 42.9
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3230
METABOLIZABLE (EM)	3069
FIBRA CRUDA (FC)	% 4.0
CALCIO	% 0.16
FOSFORO	% 0.40
POTASIO	% 0.03
SODIO	% 0.10
METIONINA	% 1.00
TREONINA	% 1.40
LISINA	% 0.80

PESCADO BLANCO, familias
Gadidae, Lophiidae, Rajidae
entero o trozos, cocido ext.
mec. desh. mol,
Ref. núm. 5-02-025

MATERIA SECA (MS)	% 92.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 63.2
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	2921
METABOLIZABLE (EM)	2398
FIBRA CRUDA (FC)	% 1.0
CALCIO	% 7.87
FOSFORO	% 3.61
POTASIO	% 0.33
SODIO	% 0.18
METIONINA	% 1.80
TREONINA	% 2.90
LISINA	% 5.30

SORGO, MILO, grano

Ref. núm. 4-04-444

MATERIA SECA (MS)	% 89.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 8.9
ENERGIA	Kcal/Kg
DIHESTIBLE (ED)	3453
METABOLIZABLE (EM)	3229
FIBRA CRUDA (FC)	% 2.0
CALCIO	% 0.04
FOSFORO	% 0.29
POTASIO	% 0.35
SODIO	% 0.01
METIONINA	% 0.09
TREONINA	% 0.27
LISINA	% 0.22

SOYA, harina de, ext. solv.
mol, max. 7 fibra
Ref. núm. 5-04-604

MATERIA SECA (MS)	% 89.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 44.0
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3350
METABOLIZABLE (EM)	3090
FIBRA CRUDA (FC)	% 7.0
CALCIO	% 0.32
FOSFORO	% 0.67
POTASIO	% 1.97
SODIO	% 0.34
METIONINA	% 0.60
TREONINA	% 1.70
LISINA	% 2.90

TRIGO, grano.

Ref. núm. 4-05-211

MATERIA SECA (MS)	% 89.0
PROTEINA CRUDA (PC)	% 12.7
ENERGIA	Kcal/Kg
DIGESTIBLE (ED)	3520
METABOLIZABLE (EM)	3277
FIBRA CRUDA (FC)	% 3.0
CALCIO	% 0.05
FOSFORO	% 0.36
POTASIO	% 0.52
SODIO	% 0.09
METIONINA	% 0.18
TREONINA	% 0.36
LISINA	% 0.45

(TABLE. 9. NUTRIENT REQUERIMENTS OF SWINE)

COMPOSICION DE ALIMENTOS UTILIZADOS EN LAS RACIONES DE LOS
CERDOS

(NRC., 1979, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES)

T A B L A I

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CERDO EN CRECIMIENTO, FINALIZACION CON ALIMENTACION A LIBRE ACCESO (AD-LIBITUM). CANTIDAD O PORCENTAJE POR KG. DE DIETA

E T A P A		PREINICIACION	INICIACION	CRECIMIENTO		FINALIZACION
				I	II	
PESO VIVO (KG).		5-10	10-20	20-35	35-60	60-100
GANANCIA DIARIA ESPERADA (GRS.)		300	500	600	700	800
EFICIENCIA ESPERADA (GANANCIA G/KG/ALIMENTO)		600	500	400	350	270
ENERGIA						
DIGESTIBLE Kcal		3,500	3,370	3,380	3,390	3,395
ENERGIA METABOLIZABLE	Kcal	3,400	3,160	3,175	3,190	3,195
PROTEINA CRUDA	%	20	18	16	14	13
METIONINA + CISTINA	%	0.56	0.51	0.45	0.40	0.30
TREONINA	%	0.56	0.51	0.45	0.39	0.37
CALCIO	%	0.80	0.65	0.60	0.55	0.50
FOSFORO	%	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
SODIO	%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
POTASIO	%	0.25	0.26	0.23	0.20	0.17
HIERRO	mg.	140	80	60	50	40
ZINC	mg.	100	80	60	50	50
MANGANESO	mg.	4	3	2	2	2
COBRE	mg.	6	5	4	3	3
YODO	mg.	.14	.14	.14	.14	.14
VITAMINA A	UI	2,200	1,750	1,300	1,300	1,300
VITAMINA D	UI	220	200	200	150	125
VITAMINA E	UI	11	11	11	11	11
RIBOFLAVINA	mg.	3	3	3	3	3
NIACINA	mg.	22	22	18	14	10
AC. PANTOTENICO	mg.	13	11	11	11	11
COLINA	mg.	1,100	900	700	550	400
VITAMINA B12	µg.	22	15	11	11	11
LISINA	%	0.95	0.79	0.70	0.61	0.57

(TABLE 5 Nutrient Requirements of Swine)

NRC., 1979, Editorial National Academy of Sciences National Research Council, Washington, D.C.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CERDOS REPRODUCTORES: CANTIDAD O PORCENTAJE POR KG.
DE DIETA

		CERDAS DE CRIA; VERRACOS JOVENES Y ADULTOS	CERDAS LACTANTES JOVENES Y ADULTAS.
ENERGIA DIGESTIBLE	Kcal	3,400	3,395
ENERGIA METABOLIZABLE	%	3,200	3.195
PROTEINA CRUDA	%	12	13
LISINA	%	0.43	0.58
METIONINA + CISTINA	%	0.23	0.36
TREONINA	%	0.34	0.43
CALCIO	%	0.75	0.75
FOSFORO	%	0.60	0.50
SODIO	%	0.15	0.20
POTASIO	%	0.25	0.20
HIERRO	mg.	80	80
ZINC	mg.	50	50
MNAGANESO	mg.	10	10
COBRE	mg.	5	5
YODO	mg.	0.14	0.14
VITAMINA A	UI	4,000	2,000
VITAMINA D	UI	200	200
VITAMINA E	UI	10	10
RIBOFLAVINA	mg.	3	3
NIACINA	mg.	10	10
AC. PANTOTENICO	mg.	12	12
COLINA	mg.	1,250	1,250
VITAMINA B 12	µg.	15	15

TABLE 7. (Nutrient Requirements of Swine)

NRC., 1979 Washington, D.C.

T A B L A I I

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS DE LOS CERDOS
REPRODUCTORES

CONSUMO DE ALIMENTO (g.)	CERDAS DE CRIA; VERRACOS JOVENES Y ADULTOS.		CERDAS LACTANTES JOVENES Y ADULTAS		
	1,800		4,000	4,750	5,500
ENERGIA DIGESTIBLE	Kcal	6,120	13,580	16,130	18,670
ENERGIA METABOLIZABLE	Kcal	5,760	12,780	15,180	17,570
PROTEINA CRUDA	g.	216	520	618	715
LISINA	g.	7.7	23.2	27.6	31.9
METIONINA + CISTINA	g.	4.1	14.4	17.1	19.8
TREONINA	g.	6.1	17.2	20.4	23.6
CALCIO	g.	13.5	30.0	35.6	41.2
FOSFORO	g.	10.8	10.8	23.8	27.5
SODIO	g.	2.7	8.0	9.5	11.0
POTASIO	g.	3.6	3.6	9.5	11.0
HIERRO	mg.	144	320	380	440
ZINC	mg.	90	200	238	275
MANGANESO	mg.	18	40	48	55
COBRE	mg.	9	20	24	28
iodo	mg.	0.25	0.56	0.66	0.77
VITAMINA A	UI	7,200	8,000	9,500	11,000
VITAMINA D	UI	360	800	950	1,100
VITAMINA E	mg.	18	40	47.5	55.0
RIBOFLVINA	mg.	5.4	12	14.2	16.5
NIACINA	mg.	18	40	47.5	55
AC. PANTOTENICO	mg.	21.6	48.0	57	66
COLINA	mg.	2,250	5,000	5,940	6,875
VITAMINA B-12	µg.	27	60	71.2	82.5

(TABLE 8. NUTRIENT REQUERIMENTS OF SWINE)
(NRC., 1979, WASHINGTON, D.C.)

T A B L A I I I

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS DEL CERDO EN EL CRECIMIENTO-FINALIZACION CON ALIMENTACION A LIBRE ACCESO (AD - LIBITUM)

E T A P A		PREINICIACION	INICIACION	CRECIMIENTO	CRECIMIENTO	FINALIZACION
PESO VIVO (KG)		5-10	10-20	20-35	35-60	60-100
CONSUMO ALIMENTO (g.)		500	1000	1500	2000	3000
ENERGIA DIGESTIBLE	Kcal	1,750	3,370	5,055	6,740	10,110
ENERGIA METABOLIZABLE	Kcal	1,700	3,160	4,740	6,320	9,480
PROTEINA CRUDA	g.	100	180	240	280	390
LISINA	g.	4.8	7.9	10.5	12.2	17.1
METIONINA + CISTINA	g.	2.8	5.1	6.8	7.8	11.1
CALCIO	g.	4.0	6.5	9.0	11.0	15.0
FOSFORO	g.	3.0	5.5	7.5	9.0	12.0
SODIO	g.	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
POTASIO	g.	1.3	2.6	3.5	4.0	5.1
HIERRO	mg.	70	80	90	100	120
ZINC	mg.	50	80	90	100	120
MANGANESO	mg.	2	3	3	4	6
COBRE	mg.	3	5	6	6	9
IODO	mg.	0.07	0.14	0.21	0.28	0.42
VITAMINA A	UI	1,100	1,750	1,950	2,600	3,900
VITAMINA D	UI	110	200	300	300	375
VITAMINA E	mg.	5.5	11.0	17.0	22.0	33.0
RIBOFLAVINA	mg.	1.5	3.0	3.9	4.4	7.0
NIACINA	mg.	11.0	18.0	21.0	24.0	30.0
AC. PANTOTENICO	mg.	6.5	11.0	17.0	22.0	33.0
COLINA	mg.	550	900	1,050	1,100	1,200
VITAMINA B-12	µg.	11	15	17	22	33

TABLE 6. (NUTRIENT REQUERIMENTS OF SWINE)
(NRC., 1979, WASHINGTON, D.C.)

T A B L A I V

T A B L A V . FUENTES MINERALES, COMUNES EN CERDOS

MINERAL	FUENTE	FORMULA QUIMICA	CONTENIDO MINERAL
CALCIO	CARBONATO DE CALCIO		40% Ca 0.02% Na
CALCIO Y FOSFORO	HARINA DE HUESO		38% Ca 0.05% Na 0.01% F
	FOSFATO DEFLURINADO		30-34% Ca 18% P
	DICALCICO		18-24% Ca 18.5% P .6%Na .14%F
	MONO Y DICALCICO		16-19%Ca 21%P 0.6%Na 0.20%F
	ROCA BLANDA		17%Ca 9%P 0.1%Na 1.2%F
SODIO Y CLORO	CLORURO DE SODIO		39.3%Na 60.7%Cl
HIERRO	SULFATO FERROSO	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	20.1%Fe
	CLORURO FERRICO	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	20.7%Fe
	CARBONATO FERROSO	$FeCO_3$	48.2%Fe
	OXIDO FERROSO	FeO	77.8%Fe
COBRE	CARBONATO DE COBRE	$CuCO_3Cu(OH)_2$	57.5%Cu
	HIDROXIDO DE COBRE	$Cu(OH)_2$	65.1% Cu
	SULFATO DE COBRE	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	25.4%Cu
MANGANESO	CARBONATO DE MANGANESO	$MnCO_3$	47.8% Mn
	SULFATO DE MANGANESO	$MnSO_4 \cdot 5H_2O$	22.7%Mn
	OXIDO DE MANGANESO	MnO	77.4%Mn
ZINC	OXIDO DE ZINC	ZnO	80.3%Zn
	SULFATO DE ZINC	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	22.7%Zn
	CARBONATO DE ZINC	$5ZnO_2CO_3 \cdot 4H_2O$	56.0%Zn

T A B L A V. (CONT....) FUENTES MINERALES, COMUNES EN CERDOS

M I N E R A L	F U E N T E	F O R M U L A Q U I M I C A	C O N T E N I D O M I N E R A L
	CLORURO DE ZINC	ZnCl ₂	48.0%Zn
IODO	IODURO DE POTACIO	KI	76.4%I
	IODATO DE CALCIO	Ca(I0 6)2	65.1%I
	IODURO DE COBRE	CuI	66.6%I
SELENIO	SELENITO DE SODIO	Na ₂ SeO ₃	45.6%Se 26.6%Na
	SELENATO DE SODIO	NaSeO ₄	41.8%Se 24.3%Na

TABLE II (Common Mineral Sources For Swine)
(NRC., 1979, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES)

T A B L A VI. PRINCIPALES FUENTES VITAMINICAS, UTILIZADAS EN LA ALIMENTACION DEL CERDO

NUTRIENTE	BASF MEXICANA	PRODUCTOS ROCHE, S.A.	GRUPO ROUSELL,S.A.
VITAMINA A	500,000 UI/g.	20,000 UI/g.	_____
VITAMINA D	500,000 UI/g.	50,000 UI/g.	Vit. d 2 calciferon (40 000 000 UI/g)
VITAMINA E	50%	50 g./Kg.	100%
RIBOFLAVINA	Mín. 96%	100 g./Kg.	_____
NIACINA	Mín. 98%	500 g./Kg.	_____
AC. PANTOTENICO	Mín. 90% Pantotenato calcio	100 g./Kg.	_____
COLINA	Mín. 70% Cloruro de colina.	750 g./Kg.	_____
VITAMINA B-12	132 mg/Kg.	50 mg./Kg.	0.5% y 2.2% En acemite.

(Recopilación de datos de las principales distribuidoras de vitaminas puras en México.)

V REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 ABRAMS . J.T., 1965. Nutrición Animal y Dietetica Veterinaria, Cuarta Edición, Editorial ACRIBIA Zaragoza España.
- 2 ARISTA P.E. :1983. Departamento de Nutrición Animal de la F.E.S.C., U.N.A.M. Comunicación personal.
- 3 CARROL W.E. Et al., 1967. Explotación del Cerdo, Tercera Edición, Editorial ACRIBIA Zaragoza España.
- 4 CLARENCE E, BUNDY Et al., 1981 Producción Porcina. Cuarta Edición. Editorial CONTINENTAL México.
- 5 CRAMPTON E.W. and HARRIS L.E., 1974. Nutrición Animal Aplicada Segunda Edición. Editorial ACRIBIA Zaragoza España.
- 6 CHURCH D.C., 1979. Livestock Feed and Feeding. Volúmen I. First Edition-Senior Author and Edition U.S.A.
- 7 CHURCH D.C., 1980. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Volúmen 3. Practical Nutrition, Second Edition Senior Author and Edition U.S.A.
- 8 DAZA G.F., 1983. Programa Universitario de Computo --- (PUC) U.N.A.M. Comunicación personal.
- 9 DEANG.W., Bath D.L. and Olyaise., 1969. Computer Program for Maximizing income above Feed Cost from Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 52;1008.
- 10 DESCHAMPS R., Guzmán I., Solórzano F., Vargas J., 1981 Apuntes de Computadoras y Programación. Primera Edición en Español. Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 11 ENSMINGER., 1975. Producción Porcina. Segunda Edición. Editorial el Ateneo. Buenos Aires Argentina.
- 12 GASS S.I., 1958. Linear Programming Methods and Applications. Mcgraw Hills N.Y.
- 13 I.B.M. Data Processing Application., 1964. An Introduction to Linear Programming. I.B.M. Corp. Tech. Publ. - Dpto. White Plains, N.Y.

- 14 ILLMAN D.H., Huver J.T., 1978. Basic Dairy-Cattle-Nutrition Department of Dairy Science, Michigan State University.
- 15 LANDEROS J., 1982. Programa de Mínimo Costo Para Minicomputadoras Hewlett Packard 41 C.V. Comunicados y --- Programas personales.
- 16 LUTHE R., Olivera A., Schutz F., 1981. Métodos Numéricos Editorial Limusa, Segunda Reimpresión.
- 17 MARSHALL H. JURGENS., 1974. Applied Animal Feeding and Nutrition . Third Edition. KENDALL HUNT PUBLISHING --- Iowa U.S.A.
- 18 NRC., 1979 Nutrient Requeriments of Domestic Animals No. 2. Nutrients Requeriments of. Swine. Eighth Revised. Ed. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C.
- 19 SCARBOROUGH C.C., 1981. Crfa del Ganado Porcino. Primera Edición. Editorial LIMUSA México.
- 20 SEYMOUR L., 1978. Algebra Lineal. Editorial Mcgraw --- Hill Bok Co U.S.A.
- 21 TRUJILLO FIGUEROA V. 1979. Métodos Matemáticos para la Formulación de Raciones Balanceadas en la Producción Animal. Centro Nacional de Productividad de México, - A.C., D.F. México.