

TRATAMIENTO DE DATOS POR MEDIO DE LA COMPUTADORA, PARA LA PREPARACION DE ALIMENTOS CONCENTRADOS. I

* JORGE PIZZA

** N. QUITIÁN (Dr. Sc.)

SINOPSIS

La explotación industrial de animales para el consumo humano exige estudios de formulación analítica de los alimentos concentrados, especialmente en lo que concierne al requerimiento calórico del animal y a su peso metabólico.

En toda formulación para alimentos concentrados, la estandarización de una fórmula cualquiera exige cálculos muy largos, basados únicamente en el método de ensayo y error, debido a que en cada tanteo es necesario efectuar un alto número de permutaciones de los porcentajes de la composición de las materias primas que intervienen en la constitución del concentrado.

El presente trabajo constituye el primer intento realizado en este campo, mediante el uso racional de la computadora. Hemos elaborado un programa de cálculo CALICON en FORTRAN IV, el cual suministra la fórmula de un alimento concentrado dependiendo de la clase de animal que va a ser alimentado. Además, dentro de una misma formulación, el programa elabora simultáneamente una serie de fórmulas, las cuales suministran la misma energía metabolizable y que proporcionan una composición alimenticia semejante, todas dentro de los límites permisibles que el usuario podrá elegir, dependiendo de sus propios criterios y necesidades industriales.

* Estudiante de último año de la Carrera de Química - U. NaI.

** Profesor Asociado —Departamento de Química— Universidad Nacional de Colombia.

ABSTRACT

Industrial exploitation of animals for human consumption, requires studies of analytical formulation of feeds; especially concerning calorific needs and metabolic weights.

In every formulation of feeds, very long calculations are required for the standarization of a formula, based on trial and error methods. In each trial it is necessary to perform a large number of permutations of the per-cent compositions of raw materials used for the feed.

This work is the first attempt made in the field making rational use of the computer. We have written a FORTRAN IV program, CALICON, which calculates the formula of a feed depending on the kind of animal to be fed. Also, in the same formulation, the program gives simultaneously some formulas with the same metabolizable energy for similar alimentary compositions. All of them are within the allowed limits. The user will be able to select, based on his own criterion and industrial needs.

INTRODUCCION

Uno de los grandes problemas de la agricultura es el abastecimiento alimenticio para animales, especialmente en los meses de invierno y verano.

La producción de alimentos aptos para el hombre y la obtención de pastos y forrajes para animales, se ven cada vez más amenazados por el agudo crecimiento de la población humana. El hombre siempre busca establecerse en regiones que le sean más favorables para habitar, desalojando los cultivos para concentrarlos en zonas que por su difícil orografía son incompatibles con la implantación de una nueva agricultura. Es necesario aprovechar al máximo el suelo para cultivos que produzcan materias primas para la industria y que sean de alto valor nutritivo, para luego utilizarlas en la preparación de alimentos.

Con un sentido de supervivencia, el hombre ha tenido que dirigir sus esfuerzos hacia la mecanización de los cultivos y al estudio de sistemas de conservación y concentración de los alimentos. Es necesario pensar en una producción intensiva de ellos, utilizando para la alimentación los concentrados provenientes de un uso adecuado de las plantas con características industriales.

En toda explotación de animales es muy importante el conocimiento que se tenga de la calidad y cantidad de los alimentos necesarios para el animal, con el fin de obtener un máximo de rendimiento. Se debe hacer una selección rigurosa de los concentrados, con miras a obtener no solamente estas condiciones, sino también hacia un mejoramiento del animal en cuanto a su calidad, tamaño, peso y aprovechamiento de éste en la alimentación básica humana.

La explotación industrial de animales para el consumo humano exige estudios de formulación analítica de los alimentos concentrados, especialmente en lo que concierne al requerimiento calórico del animal y a su peso metabólico. En todo alimento de fórmula cerrada, es costumbre de las firmas elaboradoras mantener en secreto la cantidad de cada ingrediente. Sin embargo, dependiendo de cada país, las leyes exigen que se declaren los ingredientes alimenticios, especificando los porcentajes mínimos de proteínas y grasas, así como el máximo de fibra.

Para calcular el requerimiento calórico, Brody [1] propuso la siguiente ecuación con base en el peso del animal:

$$Mb = 39.50 \times W^{0.73}$$

donde, Mb representa la energía metabolizable y W el peso del animal. Cualquier formulación con base en el peso del animal, indica que las similitudes metabólicas de los animales dependen directamente de las características específicas de raza, hábito y funciones.

APLICACION

En toda formulación para alimentos concentrados, la estandarización de una fórmula cualquiera exige cálculos muy largos y fastidiosos, basados únicamente en ensayo y error, debido a que en cada tanteo es necesario efectuar un alto número de permutaciones de los porcentajes de la composición de las materias primas que intervienen en la constitución del concentrado. Los cálculos de esta clase, aunque fáciles, demandan una gran cantidad de tiempo, llegando a emplearse a veces hasta varios días. Evidentemente, esto repercute en un aumento en el costo del alimento concentrado. Además, cada concentrado se convierte en un caso particular, sin ninguna correlación que permita ahorrar esfuerzos y tiempo de cálculo.

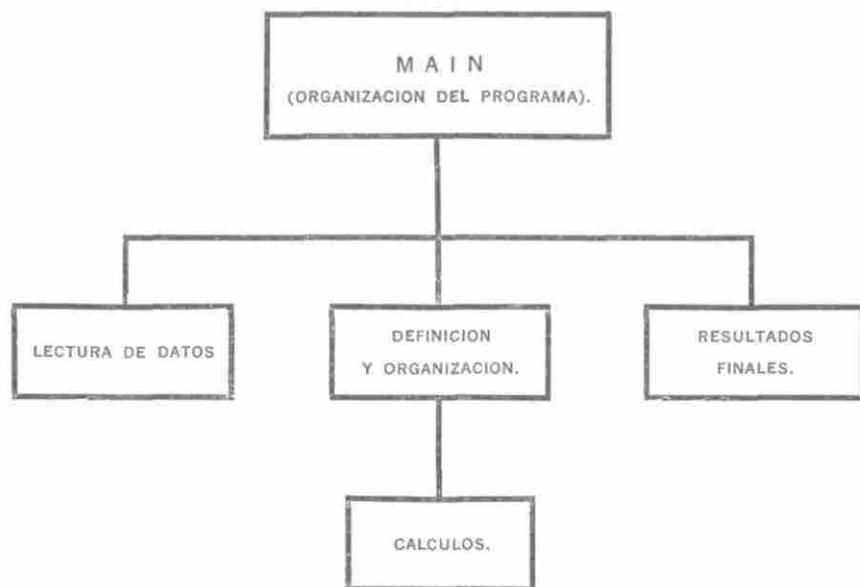
Esto nos hizo pensar que se podría disminuir el costo de elaboración de los alimentos concentrados, mediante el uso razonado

de la computadora. No solamente ganaríamos en tiempo y velocidad de ejecución, sino que también, mediante la elaboración de un programa de cálculo completamente general, se podrían correlacionar todos los casos de fórmulas posibles, únicamente mediante el cambio de unos pocos datos.

El presente trabajo constituye el primer intento realizado en este campo, mediante el uso racional de la computadora. Hemos elaborado un programa de cálculo, el cual suministra la fórmula de un alimento concentrado, dependiendo de la clase de animal que va a ser alimentado. Además, dentro de una misma formulación, el programa elabora simultáneamente una serie de fórmulas, las cuales suministran la misma energía metabolizable y con composición alimenticia semejante, todas dentro de los límites permisibles, que el usuario podrá elegir dependiendo de sus propios criterios y necesidades industriales.

El programa de cálculo CALICON está escrito en FORTRAN IV y codificado en la computadora IBM/360. La estructura de este programa aparece en la figura 1. Este programa consta de unas 110 instrucciones FORTRAN, no usa ficheros sobre unidad periférica y ocupa una longitud máxima de 30 K (Octetos) de memoria. Sólo necesita como datos de entrada la composición porcentual de las materias primas utilizadas como base en la obtención de la fórmula del alimento concentrado y calcula simultáneamente 30 fórmulas del alimento en estudio, prácticamente sin la intervención humana. El programa CALICON está elaborado de tal forma que permite ser extendido al cálculo de un número mayor de fórmulas del alimento concentrado.

FIGURA 1. Estructura del programa CALICON.



Las Bucles del programa CALICON están organizadas como sigue:

DO I = 1, NFILE (Número de sustancias presentes en el alimento concentrado. NFILE máximo = 50).

C Organización de los cálculos a partir de la composición de los
C reactivos o sustancias utilizadas como base para la preparación
C del alimento concentrado. Determinación de la cantidad de las
C sustancias constituyentes.

DO k = 1, NVECES (Número de fórmulas del alimento concentrado. NVECES máximo = 30).

C Lectura de los porcentajes de los reactivos o sustancias utili-
C zadas en la preparación de los alimentos concentrados. Cálculo
C de las fórmulas óptimas del alimento, por medio de ensayo y
C error y organización de la salida de los resultados.

Sección de introducción de datos y control del programa:

- Tarjeta 1. TITULO (utiliza 80 caracteres BCD para la identificación del problema sobre el listado).
- Tarjeta 2. NFILE, NCOLUM, NVECES, SV
FORMAT (3I10, F5.2)
- NFILE. Es el número de sustancias presentes en la elaboración del alimento concentrado. NFILE máximo = 50.
- NCOLUM. Es la característica de cada sustancia. NCOLUM = 10
- NVECES. Es el número de fórmulas del alimento concentrado que serán obtenidas. NVECES máximo = 30.
- SV. Es el suplemento vitamínico adicionado al alimento concentrado.
- Tarjeta 3. REACT
FORMAT (10A4)
- REACT. Utiliza 40 caracteres BCD para identificar los diferentes reactivos o sustancias utilizadas.
- Tarjeta 4. PDATA (I, J) (I = 1, NFILE y J = 1, NCOLUM)
FORMAT (10F8.2)
- PDATA (I, J). Es la composición de los reactivos o sustancias utilizadas como base en la preparación del alimento concentrado, así: PDATA (1,1), equivale a la composición de proteína del reactivo o sustancia número uno.
- Tarjeta 5. TANTEO (K, I) (K = 1, NVECES e I = 1, NFILE)
FORMAT (16F5.1)
- TANTEO (K, I). Son los porcentajes de los reactivos o sustancias utilizadas, en la parte de ensayo y error, para la preparación de los alimentos concentrados.

Para calcular el contenido calórico del alimento ([2, 3], se multiplican las cantidades porcentuales de grasa, proteína y extractivos no nitrogenados por 9, 4 y 4 respectivamente y luego se suman estos productos.

De esta manera, conociendo el requerimiento calórico del animal y las concentraciones porcentuales de grasa, proteína y extractivos no nitrogenados de las materias primas, podemos programar una mezcla óptima que pueda utilizarse como alimento concentrado.

Para la optimización y puesta al día del programa CALICON, hemos planteado el caso hipotético de la obtención de una fórmula, en base a 100 gr. de alimento concentrado y que cumpla con las siguientes condiciones:

| | |
|---|-----|
| Proteína mínima | 17% |
| Grasa mínima | 3% |
| Fibra máxima | 6% |
| Cenizas máximas | 12% |
| Humedad máxima | 13% |
| Energía metabolizable por día = 300 kilocalorías. | |

Para ello disponemos de las materias primas cuya composición y precio aparecen en la tabla I.

El programa CALICON opera con base en tanteos. En un primer paso se elige al tanteo la cantidad de materia prima de composición conocida. Se multiplican los porcentajes de este primer tanteo por los respectivos porcentajes de proteína, grasa, fibra, extractivos no nitrogenados y humedad. Se suman los productos similares y se divide por 100 para obtener las respectivas composiciones (%), obteniéndose así la primera fórmula del alimento concentrado de composición conocida. Para comprobar la energía metabolizable, se multiplican los porcentajes de proteína por 4, de grasa por 9 y de extractivos no nitrogenados por 4. Al sumar estos últimos productos, obtenemos la energía teórica metabolizable.

T A B L A I

Materias primas y su composición (%). Suplemento vitamínico por valor de \$ 30.00 el kilogramo.

| MATERIA PRIMA | Proteína | Grasa | Fibra | Ceniza | Extractivos no nitro- genados | Humedad | Precio por kilo- gramo(\$) |
|-----------------------------|----------|-------|-------|--------|-------------------------------------|---------|----------------------------------|
| Maíz amarillo | 10.05 | 4.38 | 1.95 | 2.12 | 68.29 | 13.20 | 4.80 |
| Harina zootécnica | 11.00 | 5.50 | 6.50 | 3.90 | 56.80 | 11.00 | 3.60 |
| Torta de algodón | 45.00 | 1.50 | 8.30 | 7.70 | 26.50 | 8.60 | 4.60 |
| Torta de ajonjolí | 46.00 | 1.50 | 6.00 | 11.50 | 23.80 | 8.50 | 5.00 |
| Torta de soya | 48.00 | 1.60 | 4.30 | 7.80 | 26.50 | 10.40 | 6.00 |
| Mogolla de trigo | 15.00 | 3.80 | 11.80 | 5.70 | 53.70 | 11.00 | 5.50 |
| Harina de arroz | 15.00 | 15.80 | 7.60 | 9.20 | 41.40 | 10.70 | 3.70 |
| Harina de alfalfa | 18.80 | 2.68 | 24.70 | 9.87 | 35.40 | 9.00 | 4.00 |
| Harina de huesos | 24.10 | 1.76 | 0.66 | 63.95 | 3.20 | 5.40 | 5.00 |
| Melasa | 4.13 | 0.06 | — | 6.82 | 64.80 | 24.40 | 2.00 |
| Fosfato bicálcico | — | — | — | 98.00 | — | 2.00 | 11.00 |
| Sal yodada | — | — | — | 98.00 | — | 2.00 | 1.00 |

El análisis se continúa de esta manera, cuantas veces sea necesario, hasta obtener la fórmula o fórmulas óptimas deseables, sin descartar la posibilidad de que aparezcan dos o más fórmulas idénticas, de las cuales, sólo el análisis objetivo puede decirnos cuál de ellas produce los mejores resultados, puesto que es la energía metabolizable la que condiciona el consumo. Otro factor limitante es el aspecto económico, el cual hace necesario el uso máximo de materias primas de composición conocida, para poder decidir por una fórmula cuyo costo sea bajo y que cumpla con las necesidades exigidas.

En el caso que nos ocupa, hemos escogido a priori la materia prima de menor contenido de fibra para comenzar el tanteo. Los porcentajes de las sustancias utilizadas en la preparación del alimento, en los 24 tanteos efectuados en este trabajo, aparecen en la tabla II.

Si examinamos la suma de los porcentajes de cada tanteo, vemos que no es el 100%, sino el 98%. El 2% restante constituye el suplemento vitamínico que debe adicionarse. Finalmente, los resultados obtenidos se muestran en la tabla III.

Para clasificar los resultados, tomamos los datos porcentuales exigidos y les aplicamos un criterio discriminativo por debajo y por encima, estableciendo así rangos posibles de formulación. Los criterios discriminativos tomados, fueron los siguientes:

$$16.00\% \leq \text{Proteína} \leq 20.00\%$$

$$3.50\% \leq \text{Fibra} \leq 6.50\%$$

$$\text{Ceniza} \leq 12.50\%$$

$$\text{Humedad} \leq 13.50\%$$

$$\text{Grasa} \leq 5.00\%$$

$$290 \leq \text{Kilocalorías metabolizables} \leq 330$$

De esta manera, todas las fórmulas que caigan dentro de estos rangos, pueden tomarse como posibles. A estas condiciones limitantes debemos agregar el factor precio.

El resultado de este análisis nos indica que uno de los posibles alimentos óptimos es el dado por la fórmula 17, cuya composición es la siguiente:

| | |
|--|--------|
| Proteína mínima | 19.52% |
| Grasa mínima | 3.79% |
| Fibra máxima | 5.80% |
| Cenizas máximas | 12.22% |
| Humedad | 10.93% |
| Energía metabolizable por día = 302 Kcal. | |
| Precio del kilogramo de concentrado = \$ 4.72. | |

T A B L A I I

Porcentajes de las sustancias utilizadas en la preparación del alimento concentrado.

| FORMULA | Maíz amarillo | Harina zootécnica | Torta de algodón | Torta de ajonjolí | Torta de soya | Mogolla de trigo |
|---------|---------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------|------------------|
| 1 | 38.60 | 18.00 | 5.00 | 3.00 | 2.00 | 4.00 |
| 2 | 29.00 | 17.00 | 3.00 | 2.70 | 2.30 | 13.00 |
| 3 | 30.00 | 17.00 | — | 4.00 | 3.00 | 15.00 |
| 4 | 27.00 | 22.00 | — | 3.00 | 5.00 | 10.00 |
| 5 | 30.00 | 19.00 | — | 4.00 | 4.00 | 15.00 |
| 6 | 30.00 | 16.00 | 1.00 | 4.00 | 4.00 | 15.00 |
| 7 | 29.00 | 17.00 | 0.50 | 4.70 | 4.30 | 14.00 |
| 8 | 28.50 | 15.00 | 3.00 | 3.70 | 3.30 | 15.00 |
| 9 | 27.00 | 17.00 | 3.00 | 3.70 | 4.30 | 14.00 |
| 10 | 25.00 | 15.00 | — | 3.00 | 5.00 | 14.00 |
| 11 | 40.00 | 13.00 | 7.60 | 4.00 | 3.00 | 4.00 |
| 12 | 40.00 | 11.60 | 8.00 | 3.00 | 4.00 | 4.00 |
| 13 | 30.00 | 16.00 | 2.00 | 6.00 | 4.00 | 11.00 |
| 14 | 30.00 | 16.00 | 6.00 | 4.00 | 4.00 | 10.00 |
| 15 | 30.00 | 16.00 | 2.00 | 6.00 | 8.00 | 14.00 |
| 16 | 30.00 | 16.00 | 6.00 | 8.00 | 3.00 | 8.00 |
| 17 | 36.00 | 10.00 | 4.00 | 6.00 | 5.00 | 15.00 |
| 18 | 30.00 | 13.00 | 6.00 | 8.00 | 3.00 | 8.00 |
| 19 | 32.50 | 12.66 | 5.16 | 8.33 | 3.83 | 12.33 |
| 20 | 32.00 | 14.00 | 5.00 | 9.00 | 4.00 | 12.00 |
| 21 | 30.00 | 14.00 | 5.00 | 9.00 | 4.00 | 10.00 |
| 22 | 38.00 | 8.00 | 6.00 | 8.00 | 4.00 | 18.00 |
| 23 | 40.00 | 7.00 | 6.00 | 8.00 | 4.00 | 18.00 |
| 24 | 32.00 | 14.00 | 5.00 | 9.00 | 4.00 | 12.00 |

Continúa

Continuación

| FORMULA | Harina de arroz | Harina de alfalfa | Harina de huesos | Melaza | Fosfato bicálcico | Sal yodada |
|---------|-----------------|-------------------|------------------|--------|-------------------|------------|
| 1 | 10.00 | 4.00 | 9.00 | 3.00 | 0.80 | 0.60 |
| 2 | 20.00 | 5.00 | 1.80 | 2.20 | 0.90 | 1.10 |
| 3 | 12.00 | 8.00 | 3.80 | 2.20 | 0.90 | 2.10 |
| 4 | 16.00 | 12.00 | 2.00 | 2.00 | 0.50 | 0.50 |
| 5 | 15.00 | 8.00 | 1.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 |
| 6 | 14.00 | 4.00 | 4.80 | 2.20 | 0.90 | 2.10 |
| 7 | 15.00 | 4.00 | 4.80 | 2.20 | 0.90 | 1.60 |
| 8 | 18.00 | 5.00 | 1.80 | 2.20 | 0.90 | 1.60 |
| 9 | 15.00 | 4.00 | 4.80 | 2.20 | 0.90 | 2.10 |
| 10 | 16.00 | 17.00 | 2.00 | 2.00 | 0.50 | 0.50 |
| 11 | 10.00 | 3.00 | 10.00 | 2.00 | 0.80 | 0.60 |
| 12 | 10.00 | 4.00 | 10.00 | 2.00 | 0.80 | 0.60 |
| 13 | 10.00 | 15.00 | 2.00 | 2.00 | 0.50 | 0.50 |
| 14 | 5.00 | 12.00 | 9.00 | 2.00 | 0.50 | 0.50 |
| 15 | 14.00 | 4.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | — |
| 16 | 5.00 | 6.00 | 12.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 17 | 3.00 | 6.00 | 10.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 18 | 8.00 | 6.00 | 12.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 19 | 4.00 | 5.36 | 9.83 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 20 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 21 | 6.00 | 6.00 | 10.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 22 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 23 | 3.00 | 3.00 | 5.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |
| 24 | 4.00 | 3.00 | 11.00 | 2.60 | 0.80 | 0.60 |

TABLA III

Composición de las fórmulas del alimento obtenido (%).

| FORMULA | Proteína mínima | Grasa mínima | Fibra máxima | Cenizas máximas | Humedad máxima | Extra- tivos no nitroge- nados | Energía metaboliza- ble (Kcal.) | Precio por kilogramo (\$) |
|---------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 15.99 | 4.92 | 4.88 | 11.29 | 11.08 | 49.09 | 304.60 | 4.60 |
| 2 | 16.20 | 6.18 | 6.48 | 8.34 | 11.11 | 50.02 | 320.50 | 4.39 |
| 3 | 16.23 | 5.08 | 6.74 | 10.27 | 10.93 | 49.29 | 307.80 | 4.42 |
| 4 | 16.63 | 5.76 | 7.73 | 7.79 | 11.26 | 50.58 | 320.70 | 4.48 |
| 5 | 16.69 | 5.63 | 7.13 | 7.92 | 11.35 | 51.72 | 324.30 | 4.51 |
| 6 | 16.83 | 5.30 | 5.97 | 10.82 | 10.92 | 48.70 | 309.80 | 4.45 |
| 7 | 16.99 | 5.43 | 5.99 | 10.44 | 10.93 | 48.57 | 311.10 | 4.46 |
| 8 | 17.06 | 5.84 | 6.53 | 8.87 | 11.03 | 49.29 | 318.00 | 4.41 |
| 9 | 17.45 | 5.41 | 6.10 | 10.97 | 10.81 | 47.63 | 309.10 | 4.44 |
| 10 | 17.60 | 5.57 | 8.94 | 8.20 | 11.12 | 49.15 | 317.10 | 4.47 |
| 11 | 17.71 | 4.82 | 4.66 | 11.99 | 10.84 | 49.15 | 303.90 | 4.71 |
| 12 | 17.94 | 4.79 | 4.84 | 12.03 | 10.83 | 47.12 | 303.30 | 4.73 |
| 13 | 17.99 | 4.83 | 8.10 | 7.84 | 11.06 | 49.31 | 312.70 | 4.52 |
| 14 | 18.99 | 4.16 | 7.12 | 11.59 | 10.70 | 46.45 | 299.20 | 4.62 |
| 15 | 19.19 | 5.34 | 6.21 | 7.61 | 11.24 | 49.74 | 323.80 | 4.64 |
| 16 | 19.47 | 4.02 | 5.62 | 13.62 | 10.49 | 44.42 | 291.80 | 4.65 |
| 17 | 19.52 | 3.79 | 5.80 | 12.22 | 10.93 | 47.50 | 302.20 | 4.72 |
| 18 | 19.59 | 4.33 | 5.65 | 13.77 | 10.48 | 43.96 | 293.20 | 4.66 |
| 19 | 19.82 | 3.88 | 5.70 | 12.28 | 10.68 | 45.92 | 297.90 | 4.66 |
| 20 | 19.83 | 3.91 | 5.92 | 11.27 | 10.75 | 46.50 | 300.50 | 4.64 |
| 21 | 19.91 | 4.10 | 5.80 | 12.58 | 10.59 | 44.95 | 296.40 | 4.65 |
| 22 | 19.92 | 3.96 | 5.85 | 8.71 | 11.15 | 49.60 | 313.70 | 4.64 |
| 23 | 19.92 | 3.82 | 5.51 | 9.17 | 11.16 | 49.66 | 312.70 | 4.67 |
| 24 | 19.99 | 3.88 | 5.20 | 12.90 | 10.64 | 45.53 | 297.00 | 4.67 |

Sin embargo, el industrial está en libertad de elegir su fórmula óptima de entre las posibles que le presenta este programa de cálculo y, además, puede tener ingerencia directa en el planteamiento de los criterios discriminativos.

Para un cálculo como el efectuado en este trabajo, la computadora ha empleado un tiempo CPU de 13 segundos, para la obtención de las 24 fórmulas del alimento concentrado.

El programa CALICON está disponible en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. Cualquier persona o entidad que requiera el uso de este programa, puede solicitarlo al Director del Departamento de Química.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ABRAMS J. I. *Nutrición y dietética animal*. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1965.
- [2] GAVIRIA L. E., BERNAL I. *Química Analítica y Aplicada*, Tomo III. *Análisis de Alimentos*, Volumen I. Universidad Nacional de Colombia, 1974.
- [3] DUKES A. H. *Fisiología de los animales domésticos*. Ed. Aguilar, Madrid-España, 1960.
Reporter de IV Semana de Estudios de Nutrición Animal. Sevilla-España. 11-17 de marzo de 1962.
Reporter de V Semana de Estudios de Nutrición Animal. Jérez de la Frontera-España. 12-18 de mayo de 1963.