

Aplicación del método de diseño de mezclas en la formulación de un alimento para perros

Dog food formulation applying the mixing design method

Carlos Elías Peñafiel¹

Universidad Nacional Agraria La Molina
celiasp@lamolina.edu.pe

Eliana G. Contreras López²

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
econtrerasl@unmsm.edu.pe

Antonio Obregón La Rosa³

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Ricardo Angel Yuli Posadas⁴

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue formular un alimento para perros similar a uno presente en el mercado. El alimento del mercado tomado como base declaró en su etiqueta los siguientes ingredientes: harina de pollo (mayor a 27 %), harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar y grasa de pollo. El análisis de los componentes declarado en la etiqueta del alimento base fue: 27,0 % de proteína, 10,0 % de lípidos, 3,0 % de fibra y 22,0 % de humedad. Estos componentes se usaron como restricciones en la formulación del alimento nuevo. El programa estadístico utilizado fue el Design-Expert® versión 7.0, Stat-Ease, Inc. Se utilizó un diseño de mezclas látice simplex con siete ingredientes y se analizó cuatro respuestas: proteínas, lípidos, fibra y humedad. La fórmula deducida presentó los siguientes porcentajes de los ingredientes: 27,2 % de harina de pollo, 15,2 % de harina de trigo, 13,7 % de harina de soya, 18,7 % de harina de maíz, 1,9 % azúcar, 5,0 % grasa de pollo y 14,3 % de agua. La formulación deducida alcanzó la siguiente composición: 27,0 % de proteínas, 10,0 % de lípidos, 2,2 % de fibra y 21,9 % de humedad. La harina de pollo en la fórmula deducida alcanzó un 27,16 % (satisfiriendo el requerimiento de que sea mayor a 27 %) y sobrepasó el mínimo de proteínas (18 %) recomendado por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO).

Palabras clave: Alimento para perros, diseño de mezclas, optimización.

ABSTRACT

The aim of this work was to formulate a dog food similar to a known dog food brand currently offered in the market. The ingredients labeled on the based product are: chicken meal (over 27 %), wheat flour, soy flour, cornmeal, sugar and chicken fat. A components' analysis performed to this dog food showed: 27,0 % protein, 10,0 % fat, 3,0 % fiber and 22,0 % moisture. These constituents were used as constraints in the formulation of the new dog food. Data was analyzed using the Design-Expert 7.0, Stat-Ease, Inc. statistical program. A simplex lattice mixing design with seven ingredients was used and four responses were analyzed; proteins, lipids, fiber and moisture. The deduced formulation presented the following ingredients percentages: 27,2 % chicken meal, 15,2 % wheat flour, 13,7 % soybeans, 18,7 % corn flour, 1,9 % sugar, 5,0 % chicken fat and 14,3 % water. The developed formula reached the following composition: 27,0 % protein, 10,0 % fat, 2,2 % fiber and 21,9 % moisture. Chicken meal deduced in the formula reached 27,2 % (satisfying the requirement to be over 27 %) and exceeded the minimum protein content (18 %) recommended by the Association of American Feed Control Officials (AAFCO).

Keywords: Dog food, mixture design, optimization.

Historial del artículo:

Recibido: 1 de agosto de 2015. Aprobado: 25 de noviembre de 2015. Disponible en línea: 30 de diciembre de 2015

1 Ing. en Industrias Alimentarias, Mg. en Tecnología de Alimentos, Profesor principal del Dpto. de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

2 Ing. en Industrias Alimentarias, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Ing. en Industrias Alimentarias, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

4 Ing. Químico, Docente de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

INTRODUCCIÓN

El potencial de crecimiento del mercado de alimentos para perros en nuestro país es alto debido a la creciente clase media con tendencia a tener mascotas (1). Hoy en el mercado encontramos una amplia variedad de marcas, desde las más económicas hasta las más costosas, tanto nacionales como importadas con diferentes tipos de insumos y calidades proteicas. Los animales pueden regular su ingesta energética en función de sus necesidades calóricas diarias, si se les permite acceder a una dieta equilibrada y moderadamente palatable, la mayoría de perros consumirán alimentos suficientes para cubrir sus necesidades energéticas diarias, sin superarlas (2).

La alimentación del perro doméstico (*Canis familiaris*) se elabora con una gran variedad de insumos, según Hodgkinson et al (3) existe una alta variación en la composición de un alimento pues son formulados utilizando muchas materias primas, existiendo grandes variaciones en la calidad de estos ingredientes,

que esto es factible aplicando el Método de Diseño de Mezclas. El alimento del mercado tomado como base declaró en su etiqueta los siguientes ingredientes: harina de pollo (mayor a 27%), harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar y grasa de pollo y el análisis de los componentes declarados en la etiqueta del alimento base fue: 27,0% de proteína, 10,0% de lípidos, 3,0% de fibra y 22,0% de humedad.

El diseño experimental de mezclas permite aplicar el criterio que la suma de las proporciones de los componentes es el 100% y la modificación de un porcentaje afecta los otros, en consecuencia, los factores experimentales son los componentes de la mezcla; y los resultados son funciones de tales proporciones y pueden optimizarse mediante la técnica del diseño de mezclas (5). López-Torres et al (6) sostiene que los puntos de un diseño lártice simplex están distribuidos uniformemente sobre toda la región simplex. Un lártice simplex para q componentes está asociado a un modelo polinomial de grado m , éste se denota como un diseño lártice simplex $\{q, m\}$. Las

Tabla N° 1: Composición de los componentes principales.

	1	2	3	4	5	6	7
Componentes	Humedad g	Prot. g	Lípidos g	Carboh. g	Fibra g	Cenizas g	Almidón g
Harina de pollo	9,0	63,0	15,0	3,0	2,5	7,5	0,0
Harina de trigo	10,0	10,5	2,0	75,6	1,5	0,4	75,6
Harina de soya	8,0	47,0	1,8	38,9	4,3	0,0	38,9
Harina de maíz	10,6	8,7	6,0	69,1	3,9	1,7	69,1
Azúcar refinada	0,6	0,0	0,0	99,2	0,0	0,2	0,0
Tejido graso	12,0	3,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agua	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

especialmente en términos de los contenidos de energía y proteína y las formulaciones de muchos alimentos para perros se basan en lograr un bajo costo, por lo cual pueden modificarse los ingredientes o sus porcentajes de participación en las mezclas cuando existen cambios en los precios de estas materias primas. Dentro de los insumos proteicos de origen animal empleados en la alimentación comercial de perros están la carne bovina, ovina y de pollo (4). La harina de pollo está compuesta de restos de aves no consumibles por el hombre, además de plumas, uñas, buche, intestinos y huesos. Las plumas tienen un 87% de proteínas, pero son de baja digestibilidad, aunque la calidad puede ser mejorada por medios físicos o químicos (4).

Para el desarrollo de nuestra investigación, se tomaron los datos de la composición de un alimento comercial para perros informado en la etiqueta con el objetivo de determinar los porcentajes de los ingredientes de la fórmula que cumplan con aportar los niveles nutricionales requeridos, partiendo de la hipótesis de

proporciones para cada uno de los q componentes son los $(m+1)$ valores igualmente espaciados de 0 a 1 definidos como:

$$X_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 ; i = 1, 2, \dots, q$$

Todas las posibles combinaciones de las proporciones que sumen la unidad definen las mezclas o los puntos utilizados en el diseño.

MATERIAL Y MÉTODOS

Software: Programa Design-Expert 7.0, Stat-Ease, Inc. para el diseño de mezclas.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño de mezclas lártice simplex, para ello se evaluaron siete ingredientes (harina de pollo, harina de trigo, harina de soya, harina de maíz, azúcar, tejido graso, agua), los mismos

que representaron las variables independientes (componentes), siendo las variables dependientes (respuesta): proteínas, lípidos, fibra y humedad.

Tabla de composición de alimentos: se elaboró la tabla 1, en la que se puede observar la composición de los componentes principales (7).

RESULTADOS

Componentes principales y secundarios: Los

componentes de la formulación a definir se dividieron en componentes principales y componentes secundarios. En la tabla 1 se observa la composición de cada componente principal del alimento, los mismos que sirvieron para elaborar la tabla 2 que determina el aporte de cada una de las cuarenta y un formulaciones que arrojó el programa con el modelo látice simplex de siete componentes. Los componentes secundarios fueron definidos en función de los límites recomendados y atendiendo lo especificado en la legislación vigente, determinándose un porcentaje de 4,049, hallándose por diferencia el porcentaje de

Tabla N° 2: Porcentaje de ingredientes que componen las formulaciones y sus aportes de proteínas, lípidos, fibra y humedad.

	Componentes							Respuestas			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
	H. pollo	H. de trigo	H. soya	H. maíz	Azúcar	Tej. graso	Agua	Proteínas	Lípidos	Fibra	Humed.
1	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	10,943	50,343	0,871	16,729
2	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	28,750	1,900	2,900	9,000
3	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	31,500	7,500	1,250	54,500
4	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	33,000	50,000	1,250	10,500
5	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,500	2,000	1,500	10,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	1,500	42,500	0,000	56,000
7	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	40,943	15,343	2,121	15,229
8	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	25,000	43,400	2,150	10,000
9	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	35,850	10,500	3,200	9,800
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	3,000	85,000	0,000	12,000
11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	3,000	85,000	0,000	12,000
12	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	14,693	8,843	1,621	15,729
13	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	23,500	0,900	2,150	4,300
14	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600
15	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	8,700	6,000	3,900	10,600
16	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,300
17	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	9,600	4,000	2,700	10,300
18	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	23,500	0,900	2,150	54,000
19	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,000	1,800	4,300	8,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	1,500	42,500	0,000	6,300
21	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	13,793	10,843	2,821	16,029
22	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	9,443	7,843	0,871	11,029
23	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	14,286	18,886	15,686	1,743	21,458
24	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	47,000	1,800	4,300	8,000
25	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	5,250	1,000	0,750	5,300
26	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	31,500	7,500	1,250	4,800
27	7,143	7,143	57,143	7,143	7,143	7,143	7,143	32,943	8,743	3,021	14,729
28	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,750	8,500	2,000	9,500
29	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	50,000	0,000	5,850	45,500	1,950	11,300
30	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000	27,850	3,900	4,100	9,300
31	0,000	0,000	0,000	50,000	50,000	0,000	0,000	4,350	3,000	1,950	5,600
32	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,000	15,000	2,500	9,000
33	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	8,700	6,000	3,900	10,600
34	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	6,750	43,500	0,750	11,000
35	50,000	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,000	8,400	3,400	8,500
36	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	63,000	15,000	2,500	9,000
37	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	7,143	57,143	9,443	7,843	0,871	60,729
38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	100,000
39	0,000	0,000	0,000	0,000	100,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,600
40	0,000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	50,000	5,250	1,000	0,750	55,000
41	0,000	0,000	0,000	50,000	0,000	0,000	50,000	4,350	3,000	1,950	55,300

Tabla N° 3: Porcentajes de los pseudocomponentes principales.

	Pseudocomponentes principales	%
1	Harina de pollo	28,363
2	Harina de trigo	15,865
3	Harina de soya	14,286
4	Harina de maíz	19,565
5	Azúcar	2,000
6	Tejido graso	5,200
7	Agua	14,922
		100,000

Tabla N° 4: Componentes secundarios ajustados.

	Componentes	Componentes ajustados
	Harina de pollo	27,215
	Harina de trigo	15,223
	Harina de soya	13,708
	Harina de maíz	18,773
	Azúcar	1,919
	Tejido graso	4,989
	Agua	14,318
		96,144
		95,951

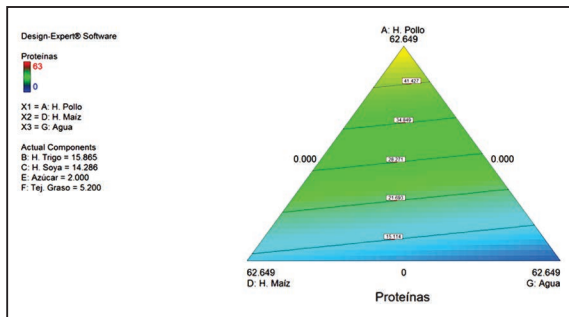


Figura N° 1: Gráfico de contornos para las proteínas.

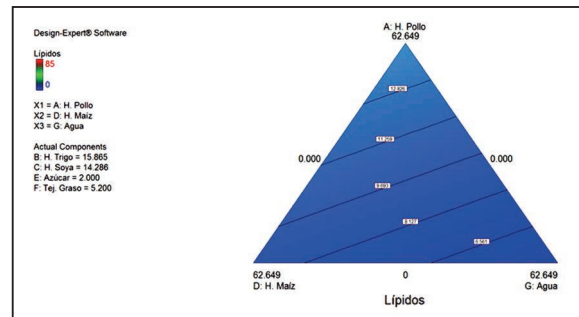


Figura N° 2: Gráfico de contornos para los lípidos.

componentes principales (95,951 %). Se determinó el porcentaje de la harina de pollo bajo la forma de pseudocomponente (28,66 %) a partir del porcentaje de componentes principales (95,951 %) y el dato de que la harina de pollo debería tener más de 27 % bajo la forma de componente: $X = 27,5 \times (100/95,951)$, determinándose así el factor de transformación $f = 100/95,951$.

fueron transformados a componentes y ajustados para que, sumen un total de 95,951 (tabla 4) de tal modo que sumados con los componentes secundarios alcancen un total de 100 %.

El mismo factor de transformación fue utilizado para hallar el contenido de proteínas, lípidos, fibra y humedad para expresarlos como pseudocomponentes (tabla 3). Estos valores sirvieron de restricciones en el programa de diseño de mezclas.

Composición de la fórmula deducida. En la tabla N° 5 se puede observar los componentes de la formulación deducida y en la tabla N° 6, la composición que arroja la fórmula deducida, en base a pseudocomponentes y componentes.

Componentes ajustados. Los pseudocomponentes

Variables de respuesta

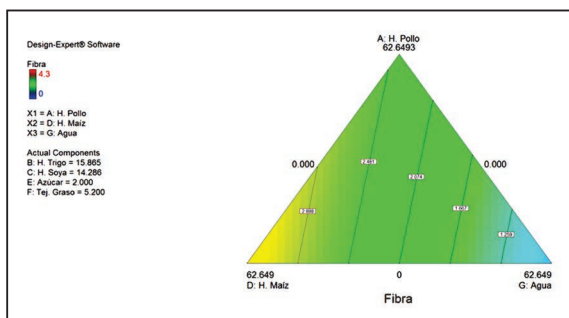


Figura N° 3: Gráfico de contornos para la fibra.

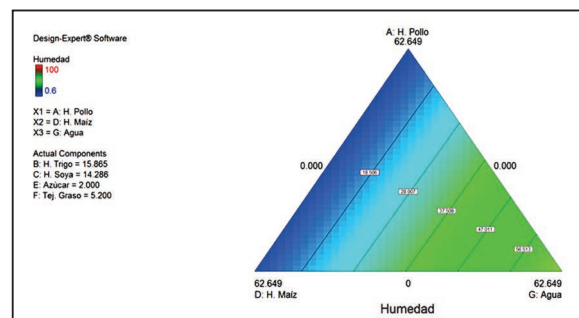


Figura N° 4: Gráfico de contornos para la humedad.

Tabla N° 5: Componentes de la formulación deducida.

Componentes Principales	%	Componentes Secundarios	%
Harina de pollo	27,160	Sal	1,400
Harina de trigo	15,192	Ajo	0,700
Harina de soya	13,680	Propilenglicol E-1520	1,500
Harina de maíz	18,735	Humo líquido	0,040
Azúcar	1,915	BHA	0,009
Tejido graso	4,979	Color caramelo	0,050
Agua	14,289	Dióxido de titanio E-171	0,100
		Color amarillo	0,050
		Sabor a carne	0,100
		Sabor a gallina	0,100
	95,951		4,049

Tabla N° 6: Composición que arroja la fórmula deducida, en base a pseudocomponentes y componentes.

	En base a los pseudocomponentes	En base a los componentes	Recomendado por AAFCO (mínimo)
Proteína	28,1018	27,0	18
Lípidos	10,4172	10,0	5
Fibra	2,322	2,2	
Humedad	22,8066	21,9	

puede observar los componentes que aportan más proteínas, lípidos, fibra y humedad. En la figura 5 se observa la superficie de respuesta que satisface las restricciones impuestas, así como los porcentajes de los componentes principales de la fórmula deducida con su respectiva composición.

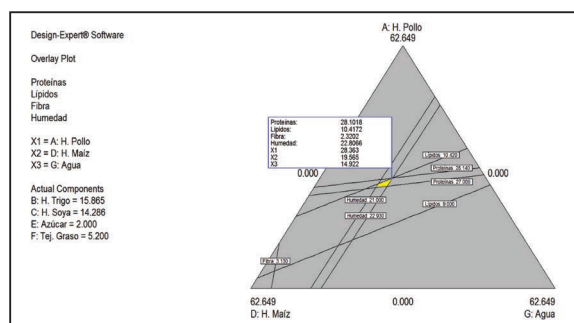


Figura N° 5: Porcentaje de los pseudocomponentes principales.

DISCUSIÓN

Cada una de las cuarenta y un formulaciones aportó proteínas, en la figura 1 se puede observar su gráfico de contornos como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo. El mayor porcentaje de proteína lo aporta la harina de

pollo. Silva et al (4) realizaron la evaluación biológica (relación de eficiencia proteica, digestibilidad verdadera, utilización neta de las proteínas y valor biológico) de tres insumos proteicos empleados en la elaboración de alimentos para perros, entre ellos la harina de pollo, resultando esta de mejor calidad proteica que la harina de carne. Respecto a la harina de pollo en la fórmula deducida, se puede observar que ésta es 27,16 %, lo que satisface el requerimiento (que sea mayor a 27 %), que además sobrepasó el mínimo de proteínas (18 %) recomendado por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO) (8).

En la figura 2 se muestra el gráfico de contornos de los lípidos como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo. El mayor porcentaje de lípidos lo aporta la harina de pollo, que cumple con los estándares recomendados por la Asociación Americana de Oficiales de Control de Alimentación (AAFCO) para la alimentación de perros adultos (8).

Del gráfico de contornos de la fibra (figura 3), el mayor porcentaje de fibra lo aporta la harina de maíz. Los niveles elevados de fibra pueden disminuir la digestibilidad de otros nutrientes y por tanto reducir la calidad nutricional de la dieta, siendo recomendado del 1,4 al 3,5 % de fibra en alimento para perros (9); los niveles de fibra de la fórmula deducida está dentro del rango recomendado.

En la figura 4 se presenta el gráfico de contornos de la humedad como variable de respuesta de la mezcla de harina de pollo, harina de maíz y agua, cuando se mantiene constante los niveles de harina de trigo, harina de soya, azúcar y tejido graso de pollo.

De acuerdo con el diseño experimental de mezclas, el número total de experimentos fue 41 (tabla 4). Respecto a la composición de la fórmula deducida, los porcentajes de proteínas y lípidos, 27 % y 10 % respectivamente, fueron exactamente iguales a lo declarado en la etiqueta del alimento base; en relación a la humedad de la fórmula deducida, esta fue un décimo menos en relación la fórmula base y respecto a la fibra de la fórmula deducida ésta fue 2,2 % frente al 3,0 % de la fórmula base, diferencia que podría deberse a que los ingredientes de la fórmula base fueron deshidratados con más cáscara que los de la fórmula deducida.

El diseño de mezclas ha sido empleado en el diseño de alimentos (5, 10) así como en la formulación de medicamentos (11), siendo eficiente su uso para desarrollar formulaciones nuevas, como es nuestro caso.

En conclusión, la fórmula deducida presentó los siguientes porcentajes de los ingredientes: 27,2 % de harina de pollo, 15,2 % de harina de trigo, 13,7 % de harina de soya, 18,7 % de harina de maíz, 1,9 % de azúcar, 5,0 % grasa de pollo y 14,3 % de agua, con la siguiente composición: 27,0 % de proteínas, 10,0 % de lípidos, 2,2 % de fibra y 21,9 % de humedad.

El método de diseño de mezclas es una importante herramienta para deducir formulaciones, tomando como referencia solamente lo declarado en la etiqueta del alimento base.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La Prensa.pe. [Online]; 2014 [cited 2015 febrero 03]. Available from: <http://laprensa.peru.com/economia/noticia-peruanos-gastan-us1228-millones-al-ano-comida-mascotas-23105>.
2. Carey DP. Nutrición canina y felina: guía para profesionales de los animales de compañía. 2nd ed. Madrid: Ediciones Harcourt S.A; 2001.
3. Hodgkinson SM, Rosales CE, Alomar D, Boroschek D. Evaluación químico-nutricional de alimentos secos comerciales en Chile para perros adultos en mantención. Archivos de medicina veterinaria. 2004; 36(2): p. 173-181.
4. Silva W, Arbaiza T, Carcelén F, Lucas O. Evaluación biológica en ratas de laboratorio (*Rattus norvegicus*) de fuentes proteicas usadas en alimentos comerciales para perros. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2003; 14(1): p. 18-23.
5. Saltos H, Bayas A. Aplicación de un diseño experimental de mezclas en el desarrollo de una barra energética con base en el Salvado de Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K). Revista Tecnológica de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. 2010; 23(2): p. 1-8.
6. López-Torres R, Ramírez-Guzmán M, González-Cossio F, Martínez-Garza A, Espinosa-Solares T. Una región de confianza para las variables explicatorias en experimentos con mezclas utilizando calibración. Agrociencia. 2002; 36(5): p. 579-592.
7. Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F, Ganoza L. Tablas peruanas de composición de alimentos. 8th ed. Lima: Instituto Nacional de Salud; 2009.
8. Peteducation.com. [Online]; 2015 [cited 2015 febrero 03]. Available from: <http://www.peteducation.com/article.cfm?c=2+1659&aid=662>.
9. Eukanuba. Fibra un componente importante de la dieta para perros y gatos (II). Animalia. 2004; 17(166): p. 67.
10. Millán F, Ramírez J. Diseño de un texturizado multisápido a base de frutas tropicales y biopolímeros de algas. Anales de la Universidad Metropolitana de Venezuela. 2012; 12(2): p. 189-206.
11. Pinillos J, Lopera C. Elaboración de una formulación farmacéutica a través de un diseño experimental de mezclas. Vitae. 2009; 16(3): p. 338-353.