



<https://eqrcode.co/a/kYT86m>

TECHNICAL NOTE | NOTA TÉCNICA

Computer System for the Formulation of Food Rations in the Buffalo Breed Using Mathematical Models

Sistema informático para la formulación de raciones alimenticias en la raza bufalina empleando modelos matemáticos

MSc. Adanay Núñez González^{1†}, MSc. Yaimi Barcenas Mompeller¹, MSc. Alejandro Mejías Caba¹¹ Dr.C. Yusney Marrero García¹

¹Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Informática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

¹¹Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ABSTRACT. Feeding is one of the most important factors in increasing the potential of livestock at different stages of growth. To obtain better levels in live weight, it is necessary to make a good planning of the resources possessed. For this, it is required to have the necessary food to meet their nutritional needs, enabling a better evolutionary development. In this work, a tool with relevant information about buffalo cattle, for an adequate formulation of food rations is developed. To design the application, the steps proposed by the RUP methodology were followed and for the implementation, Double Square of Pearson and Simplex Dual mathematical models were taken into account in order to achieve the adequate balance of nutrients.

Keywords: Software, B7uffalo Feeding, Pearson's Double Square, Dual Simple.

RESUMEN. La alimentación es uno de los factores de mayor importancia para lograr incrementar el potencial del ganado en las diferentes etapas de crecimiento. Para obtener mejores niveles en el peso vivo, es necesario realizar una buena planificación de los recursos que se poseen. Para ello es necesario contar con los alimentos necesarios para satisfacer sus necesidades alimenticias, posibilitando un mejor desarrollo evolutivo. En este trabajo se desarrolla una herramienta que se encuentra totalmente poblada de información relevante sobre el ganado bufalino, lo cual permite una adecuada formulación de raciones alimenticias. Para el diseño de la aplicación se siguieron los pasos que propone la metodología RUP y para la implementación se tuvieron en cuenta dos modelos matemáticos: Doble Cuadrado de Pearson y Simplex Dual, los cuales permiten el balance adecuado de los nutrientes.

Palabras clave: software, alimentación de búfalos, Doble Cuadrado de Pearson, Simplex Dual.

INTRODUCTION

Feeding is a crucial point in the development of livestock and in each stage of its growth or production. An adequate balance among the amount of nutrients will result in high levels of production without affecting the animal's

INTRODUCCIÓN

La alimentación es un punto crucial en el desarrollo del ganado, teniendo en cuenta las diferentes etapas de su crecimiento o de producción en la que se encuentre. Un adecuado balance entre la cantidad de nutrientes brindará como resultado niveles altos de

[†]Author for correspondence: Adanay Núñez González, e-mail: adanay@unah.edu.cu

Received: 05/12/2019.

Approved: 25/09/2020.

body condition. Therefore, the formulation of balanced foods becomes a critical point to avoid metabolic disorders, growth delays or deterioration in the reproductive part. When formulating, the nutritional value of the inputs must be taken into account, since the nutritional content of the ration will be given by the composition of each of the ingredients that make it up (Fernandez, 2013).

Meat production in Cuba is below its historical levels and it is insufficient to satisfy the needs of the population, as stated by the National Statistics Office of Cuba (ONEI). As a strategy, the country has begun to raise buffalo cattle since 2012. These are distributed throughout the island and have specific characteristics in terms of feeding and development. This complies with the provisions of Guideline 167 of the Sixth Congress of the Communist Party of PCC- Cuba (2017), since it emphasizes the use of pastures and fodder for feeding cattle.

The Institute of Animal Science (ICA) has carried out various works related to the current situation of the country in the livestock system; and with the aim of achieving better results, experiments have been conducted where the food balance of the animals is analyzed (Fundora *et al.*, 2001, 2007; Delgado *et al.*, 2011; Borroto, 2015, 2015). The Ruminants department of the research institute has carried out experiments related to the nutritional development of the buffalo species. Some of these are based on experiences obtained from countries such as Brazil, or from the systematic analysis of the feeding of this species. From these investigations it has been concluded that, for a good animal feeding, in the most economical way possible, it is necessary to take into account the needs of the animals at every moment of their life. A well-balanced diet and proper management can achieve improvement in milk production, meat production, reproduction, and the health of the buffalo breed. This means that, in the rations of these animals, it is necessary to include the following components: water, dry matter, proteins, fiber, vitamins and minerals, in adequate and balanced quantities, to meet the nutritional requirements for the evolutionary development of the animals. Themselves.

Based on the knowledge obtained by specialists and researchers from this institution over time, the data collected in the different investigations carried out and from various bibliographic sources, different computer systems have been developed or work has been done with others implemented in countries with the same environmental characteristics as ours. Examples of these are computer systems such as CALRA, ICArme and Nutritional Requirements for Dairy Cattle, not showing to date the existence of a computer system aimed at the development of the buffalo species. It is under these premises and in the current context, that the objective of this work is proposed to develop a computerized decision support system, based on historical data, research and mathematical models that provides the most beneficial combinations of diets for the development of the buffalo species.

producción sin desmejorar la condición corporal del animal. Por eso la formulación de alimentos balanceados se convierte en un punto crítico evitando trastornos metabólicos, retrasos en el crecimiento o desmejoras en la parte reproductiva. Al realizar la formulación debe tener en cuenta el valor nutricional de los insumos ya que el contenido nutricional de la ración estará dado por la composición de cada uno de los ingredientes que la componen (Fernández, 2013).

La producción de carne en Cuba se encuentra por debajo de sus niveles históricos y resulta insuficiente satisfacer las necesidades de la población, siendo esto afirmado por la Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba (ONEI). Como estrategia a lo antes planteado, en el país se comenzó con la cría de ganado bufalino a partir del año 2012. Estos se encuentran distribuidos a lo largo de la isla, y tienen características específicas en cuanto a su alimentación y desarrollo. De esta forma se cumple con lo dispuesto en el Lineamiento 167 de VI Congreso del Partido Comunista de Cuba PCC- Cuba (2017), pues se hace énfasis en la utilización de los pastos y forrajes en la alimentación del ganado vacuno.

En el Instituto de Ciencia Animal (ICA) se han efectuado diversos trabajos relacionados con la situación actual del país en el sistema ganadero; y con el objetivo de alcanzar mejores resultados, se han realizado experimentos donde se analiza el balance alimenticio de los animales (Fundora *et al.*, 2001, 2007; Delgado *et al.*, 2011; Borroto, 2015, 2015). El departamento de Rumiantes perteneciente al instituto de investigación ha llevado a cabo experimentos relacionados con el desarrollo alimenticio de la especie bufalina. Algunos de estos se basan en experiencias obtenidas de países como Brasil, o del análisis sistemático de la alimentación de dicha especie. A partir de estas investigaciones se ha llegado a la conclusión de que, para una buena alimentación animal, de la forma más económica posible, es necesario tener en cuenta las necesidades de los animales en cada momento de su vida. Una dieta bien equilibrada y un manejo adecuado, puede lograr la mejora en la producción de leche, la producción de carne, la reproducción y la salud de la raza bufalina. Esto trae consigo que, en las raciones de estos animales es necesario que se incluyan los siguientes componentes: agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, en cantidades adecuadas y equilibradas, para alcanzar los requerimientos nutricionales para el desarrollo evolutivo de los mismos.

A partir de los conocimientos obtenidos por especialistas e investigadores de esta institución a través del tiempo, los datos recopilados en las diferentes investigaciones llevadas a cabo y de diversas fuentes bibliográficas, se han desarrollado diferentes sistemas informáticos o se ha trabajado con otros implementados en países con iguales características ambientales al nuestro. Ejemplo de ellos son los sistemas informáticos como el CALRA, ICArme y Requisitos Nutricionales de Ganado de Lechería, no evidenciándose hasta la fecha, la existencia de un sistema informático orientado al desarrollo de la especie bufalina.

Es bajo estas premisas y en el contexto actual, que se propone como objetivo del presente trabajo el desarrollo de un sistema informático de apoyo a la toma de decisiones, basado en datos históricos, investigaciones y modelos matemáticos que proporcione las combinaciones de dietas más beneficiosas para el desarrollo de la especie bufalina.

MATERIALS AND METHODS

To carry out a balance of rations it must be known that a ration is the amount of food that is supplied to an animal. The rations must be well balanced to meet the requirements of the species according to its stage of development. Sometimes two or more foods are combined according to the amounts necessary to achieve a balanced diet for the species, taking into account the category and live weight of the animal. The balance of rations is done through calculations and mathematical procedures applied to achieve the balance between the nutritional requirements of the animals and the nutrient contributions of the foods that make it up. Before balancing a portion, it should be considered according to Debrauwer y Van der Heyde (2016) y SP (2016):

- The amount of feed available.
- The composition of the feed.
- The requirements of the animals for which the ration is formulated.
- The method by which the ration is to be offered.

Mathematical Models

There are several methods available for the formulation of the rations according to Montes *et al.* (2017), among them are the Score method, the Trial and Error method, the Pearson Square method, the Pearson Double Square model and the Dual Simplex method, the latter being a linear programming technique. Each of them was analyzed and, after observing results obtained in several publications such as those made by Gámez (2016), Ibáñez and Muñoz (2016), Alvarado (2018), it was decided to implement the Dual Simplex method and the Double Square Method.

Pearson's Double Square model allows calculating a diet taking into account a mixture from a food composition, of which one or half of the mixture must be energetic and the rest protein (Wagner y Stanton, 2012). Two to n foods can be used, which can be grasses, forages or supplements, fulfilling the characteristics of this method, that one of the foods contains more proportion than the rest. In the case of assigning more feeds to the mix, half of them must have a higher proportion of nutrient than the rest, with the aim of balancing the feeds. The essence of this method is to calculate the proportion of foods that will achieve the desired content of the nutrient to be balanced. According to Zalapa (2010), the procedure of this model consists in making a box where in the upper left side, the name of the product to be balanced and its desired nutrient content is marked. In the lower end, the name of another desired product to be combined and its respective nutrient value are put. In the middle of the box, the desired value of the nutrient is shown, which can be dry matter, metabolizing energy, crude protein, crude fiber, different minerals or vitamins. The rule or restriction is that there must be a higher and a lower value. In the following example, two foods are analyzed in terms of crude protein.

Step 1: The selected foods are added with their corresponding nutritional contributions and the value for which the mixture is to be made. One of the foods must have a higher proportion of nutrient than the other food.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo un balance de raciones se debe conocer que una ración es la cantidad de alimento que se le suministra a un animal. Las raciones deben estar bien balanceadas para cubrir los requerimientos de la especie según su estado de desarrollo. En ocasiones se combinan dos o más alimentos según las cantidades necesarias para conseguir la alimentación equilibrada de la especie, teniendo en cuenta la categoría y el peso vivo del animal.

El balanceo de raciones se hace a través de cálculos y procedimientos matemáticos aplicados para conseguir el equilibrio entre los requerimientos nutritivos de los animales y los aportes de nutrientes de los alimentos que la conforman. Antes de balancear una ración, se debe considerar según Debrauwer y Van der Heyde (2016) y SP (2016):

- La cantidad de alimento disponible.
- La composición de los alimentos.
- Los requerimientos de los animales para los cuales se formula la ración.
- El método por el cual se va a ofrecer la ración.

Modelos matemáticos

Existen varios métodos a disposición para la formulación de las raciones según Montes *et al.* (2017), entre ellos se encuentra el método de Tanteo, el método de Prueba y Error, el método del Cuadrado de Pearson, el modelo Doble Cuadrado de Pearson y el método de Simplex Dual, este último es una técnica de programación lineal. Se analizaron cada uno de ellos y, después de observar resultados obtenidos en diversas publicaciones como las realizadas por Gámez (2016); Ibáñez y Muñoz (2016); Alvarado (2018), se decidió implementar en el sistema: el método Simplex Dual y el método Doble Cuadrado de Pearson.

El modelo Doble Cuadrado de Pearson permite calcular una dieta teniendo en cuenta una mezcla a partir de una composición de alimentos, de los cuales uno o la mitad de la mezcla deben ser energéticos y el resto proteicos (Wagner y Stanton, 2012). Se pueden emplear de dos a n alimentos, los cuales pueden ser pastos, forrajes o suplementos, cumpliéndose como características de este método, que uno de los alimentos contenga mayor proporción al resto. En el caso de asignar más alimentos a la mezcla, la mitad de los mismos debe presentar mayor cantidad de proporción de nutriente que el resto, con el objetivo de balancear los alimentos. La esencia de este método es calcular la proporción de alimentos que permita alcanzar el contenido deseado del nutriente a balancear. Según Zalapa (2010), el procedimiento de este modelo consiste en realizar un cuadro donde en el extremo superior izquierdo, se marca el nombre del producto a balancear y su contenido del nutriente deseado, en el extremo inferior se pone el nombre de otro producto deseado a combinar y su valor del nutriente respectivo. En el centro del mismo se refleja el valor deseado del nutriente que puede ser: materia seca, energía metabolizante, proteína bruta, fibra bruta, deferentes minerales o vitaminas. La regla o restricción que presenta es que debe haber un valor mayor y uno menor. En el siguiente ejemplo se analizan dos alimentos en función de la proteína cruda.

Paso1: Se adicionan los alimentos seleccionados con sus aportes nutricionales correspondientes y el valor por el cual se va a realizar la mezcla. Uno de los alimentos debe contar con mayor proporción de nutriente que el otro alimento.

TABLE 1. Nutritional contributions of the selected foods
TABLA 1. Aportes nutricionales de los alimentos seleccionados

Food	Nutritional Requirement	Desired Concentration
Pollinaza	25	11.1
Ground corncob and stubble	7.8	

Step 2: The value of the nutrient in the ingredient is subtracted and marked as positive.

Paso 2: Se resta el valor del nutriente en el ingrediente, y se marca como valor positivo.

TABLE 2. Recommended portion for each food
TABLA 2. Porción recomendada por cada alimento

Food	Nutritional Requirement	Desired Concentration	Parts
Pollinaza	25		3.3
Ground corncob and stubble	7.8	11.1	13.9
Total			17.2

Step 3: Then the sum is considered as part of 100% and both fractions by logic, the part that they represent of that 100%.

Paso 3: Posteriormente se considera la suma como parte de un 100% y ambas fracciones por lógica, la parte que representan de ese 100%.

TABLE 3. Percentage values of food rations
TABLA 3. Valores porcentuales de las raciones de alimentos

Food	Nutritional Requirement	Desired Concentration	Parts	Ratio	%
Pollinaza	25		3.3	0.191	19.1
Ground corncob and stubble	7.8	11.1	13.9	0.808	80.8
Total			17.02		100

In this example, pollinaza contains 25% of raw protein, ground corn and stubble contains 7.8% of raw protein and for calf fattening 11.1% of raw protein is required. By adding the values in cross form, 13.9 is obtained, therefore, no longer correspond to the pollinaza, but to its opposite that is corncob with stubble. With 3.3 parts (kg, pounds or the unit used) of pollinaza and 13.9 parts of corncob, the ration will be 11.1% of raw protein. Generally, the values are expressed in percentage. In this case 3.3 parts plus 13.9 parts add up to 17.2 parts, this would be 100%, obtaining 19.186% of pollinaza, 80.814% of ground corncob and stubble.

On the other hand, the Dual Simplex method is used to give solutions to linear programming problems since it is used to find an adequate solution in maximization and minimization problems. Among the advantages offered by this model is that it is useful for solving large and complex problems, serves to maximize profits and decrease production costs (Acero, 2017). This method forms the basis of linear programming as it facilitates decision-making in complex cases, as it solves situations where the number of variables exceeds the number of equations. It is used to solve problems where it is necessary to optimize resources in the best possible way and it is used to solve linear problems in which three or more variables are involved. This method performs an interactive process. In a general way,

En este ejemplo se observa que la Pollinaza contiene 25% de proteína cruda, la mazorca molida y rastrojo contiene 7.8% de proteína cruda y se requiere para una seba de Becerras el 11.1% de proteína cruda. Al sumar los valores en forma cruzada se obtiene 13.9 por lo tanto ya no corresponderá a la Pollinaza, sino a su contrario que es Mazorca de Maíz con rastrojo. Se consigue que con 3.3 partes, kg., libras o la unidad que se utilice de pollinaza y 13.9 partes de mazorca de maíz molido, la ración quedará con 11.1% de proteína cruda. Generalmente los valores se porcentualizan. En este caso 3.3 partes más 13.9 partes suman 17.2 partes, este sería el 100%, obteniendo un 19.186% de Pollinaza, 80.814 % de mazorca molida de maíz y rastrojo.

Por otra parte, el método de Simplex Dual se emplea para dar soluciones a problemas de programación lineal ya que es utilizado para encontrar una solución adecuada en problemas de maximización y minimización. Entre las ventajas que ofrece este modelo es que es útil para resolver problemas de gran tamaño y complejos, sirve para maximizar las ganancias y disminuir los costos de producción (Acero, 2017). Este método conforma la base de la programación lineal ya que facilita la toma de decisiones en casos complejos, pues soluciona situaciones donde el número de variables supera el número de ecuaciones. Es empleado para solucionar problemas en donde es necesario optimizar los recursos de la mejor manera posible y se utiliza para resolver problemas lineales en los que intervienen tres o más variables. Este método realiza un proceso interactivo. De manera general este modelo realiza los siguientes pasos: determinar a

this model performs the following steps: determining the objective function, establishing the pivot column and pivot row and performing the Gauss-Jordan methodology. The pivot column are the dependent values of the inequalities and the value that is selected is the most negative. The pivot row is obtained from the division of the value of the objective function that corresponds with the value of the row; the pivot value is the less negative of the previous (Cormen *et al.*, 2009).

The purpose of using this procedure in the formulation of rations is to determine the amount of feed that should be mixed to meet the nutritional requirements of the animal, taking into account the selected values in nutritional requirements. In order to carry out this mathematical model, the information stored in the database will be taken as dependent values of the equations; in this case, it would be the tables of the different types of feeds (grass, supplement and forage). The independent values will be obtained from the nutritional requirements of the animal from the selected nutrients.

Decision Support System

Decision Support Systems also known by the acronym DSS, are found within the management or administrative level in the pyramid of information systems. They are support systems focused on the analysis of company data and serve to help managers make decisions that are often changing and must be made quickly. They are widely used tools within the field of business intelligence, since they allow an analysis of different variables of the (Power, 2002). Model-driven DSS emphasize the access and manipulation of a statistical, financial, optimization or simulation. It uses data and parameters provided by users to assist decision makers in analyzing a situation, which is not necessarily data intensive (Gachet, 2004). It is for these reasons that the implementation of such a system was decided.

Technologies and Tools Used

For the design of the system, the Unified Software Process methodology was used (Martínez & Martínez, 2014) or Rational Unified Process also known by its acronym RUP, which uses the Unified Modeling Language (UML) as a notation language (Debrauwer y Van der Heyde, 2016). For the implementation of the web application, the Java programming language was used (Arnold *et al.*, 2005), using NetBeans as the development environment (Gimeno & González, 2011). In addition, the Java Server Faces (JSF) framework was used, based on the Model-View-Controller architecture pattern (Müller, 2018). In addition, Prime Faces, a component library for JSF, was used, which has a set of enriched components that facilitate the creation of web applications. For the web design, the authors also worked with the Bootstrap framework that offers the possibility of creating responsive web sites (adaptive web design), through the integration of CSS and JQuery libraries (Spurlock, 2013).

función objetivo, establecer la columna pivote y fila pivote y realizar la metodología Gauss-Jordan. La columna pivote son los valores dependientes de las inecuaciones y el valor que se va seleccionando es el más negativo y la fila pivote se obtiene de la división del valor de la función objetivo que hace correspondencia con el valor de la fila, el valor pivote es el menos negativo de los resultados anteriores (Cormen *et al.*, 2009).

El propósito de la utilización de este procedimiento en la formulación de raciones es determinar la cantidad de alimentos que deben ser mezclados para cumplir los requerimientos nutricionales del animal, teniendo en cuenta los valores seleccionados en requisitos nutricionales. Para llevar a cabo este modelo matemático se tomarán como valores dependientes de las ecuaciones, la información almacenada en la base de datos; en este caso serían las tablas de los diferentes tipos de alimentos (pasto, suplemento y forraje). Los valores independientes se obtendrán de los requisitos nutricionales del animal a partir de los nutrientes seleccionados.

Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones

Los sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones (*Decision Support System*, o también conocido por las siglas DSS), se encuentran dentro del nivel de gestión o administrativo en la pirámide de los sistemas de información. Son sistemas de apoyo enfocados en el análisis de los datos de la empresa y sirven para ayudar a los directivos a tomar decisiones que a menudo son cambiantes y se deben tomar rápidamente. Son herramientas muy utilizadas dentro del ámbito de inteligencia empresarial, ya que permiten realizar un análisis de diferentes variables de la empresa (Power, 2002). Los DSS dirigidos por modelos hacen hincapié en el acceso y manipulación de un modelo estadístico, financiero, de optimización o de simulación. Utiliza datos y parámetros proporcionados por los usuarios para ayudar a los encargados de adoptar decisiones en el análisis de una situación, que no son necesariamente los datos intensivos (Gachet, 2004). Es por estas razones que se decidió la implementación de un sistema de este tipo.

Tecnologías y herramientas utilizadas

Para el diseño del sistema se empleó la metodología Proceso Unificado de Software (Martínez y Martínez, 2014) o *Rational Unified Process* también conocida por sus siglas RUP, la cual utiliza como lenguaje de notación el Lenguaje del Modelado Unificado (UML) (Debrauwer y Van der Heyde, 2016) como lenguaje de notación. Una de las grandes ventajas de esta metodología es la evaluación en cada fase de desarrollo, lo cual permite efectuar cambios en los objetivos planteados, además funciona bien en proyectos de innovación y cuenta con un seguimiento detallado en cada una de las fases.

Para la implementación de la aplicación web se utilizó el lenguaje de programación Java (Arnold *et al.*, 2005), utilizando como entorno de desarrollo NetBeans (Gimeno y González, 2011). Se utilizó además el framework Java Server Faces (JSF) basado en el patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador (Müller, 2018).

Además, se utilizó PrimeFaces, librería de componentes para JSF, que cuenta con un conjunto de componentes enriquecidos que facilitan la creación de aplicaciones web. Para el diseño web se trabajó también con el framework Bootstrap que ofrece la posibilidad

On the other hand, the database management system PostgreSQL Douglas & Douglas (2003), was used for the storage and persistence of the information. Spring Security was used to manage the security of the system, providing an authentication system through which users can authenticate themselves and access multiple functions through a single entry point (Mularien, 2010).

RESULTS AND DISCUSSION

Once all the analysis were done and the mathematical models to be used were defined, the computer system was developed. In the system, all the information regarding users, pastures, fodder, food supplements and nutritional requirements of the animal, among other information, is managed. In addition, the ration balance is calculated based on live weight and evolutionary state, the feed mixtures are elaborated and the yield of a pasture is estimated according to the hectares of land.

Figure 1 shows the initial interface, which has a main menu from which the different functionalities of the system can be accessed, as it is allowed.

de crear sitios web *responsive* (diseño web adaptativo), mediante la integración de librerías CSS y JQuery (Spurlock, 2013).

Por otra parte, se empleó el sistema de gestión de base datos PostgreSQL Douglas y Douglas (2003), para el almacenamiento y persistencia de la información. Para gestionar la seguridad del sistema se utilizó Spring Security, el cual proporciona un sistema de autenticación a través del cual los usuarios pueden autenticarse y acceder a múltiples funciones a través de un único punto de entrada (Mularien, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado todo el análisis y definido los modelos matemáticos a utilizar, se desarrolló el sistema informático. En el sistema se gestiona toda la información referente a usuarios, pastos, forrajes, suplementos alimenticios, requisitos nutricionales del animal, entre otras informaciones. Además, se calcula el balance de raciones a partir de peso vivo y estado evolutivo, se elaboran las mezclas alimenticias y se estima el rendimiento de un pasto según las hectáreas de tierra.

La Figura 1 muestra la interfaz inicial, que cuenta con un menú principal desde el cual se puede acceder a las diferentes funcionalidades del sistema según el acceso permitido.



FIGURE 1. Initial System Interface.
FIGURA 1. Interfaz inicial del sistema.

To access the system each user must authenticate himself; and depending on his level of accessibility or role, he will be able to access the system's functionalities. The roles that make up the application are administrator, researcher and basic user. The system administrator will be in charge of the user management, the

Para acceder al sistema cada usuario deberá autenticarse; y dependiendo de su nivel de accesibilidad o rol podrá acceder a las funcionalidades del sistema. Los roles por los que se compone la aplicación son el administrador, el investigador y el usuario básico. El administrador del sistema se encargará de la gestión de

researcher is in charge of managing the nutritional requirements of the buffalo according to the live weight and its evolutionary state, the nutritional composition of the pastures, forages and supplements and the seasons of the year. The basic user can make the formulation of rations, as shown in Figure 2, and estimate the yield of a pasture according to the hectares of land.

usuario, el investigador es el encargado de gestionar los requisitos nutricionales del búfalo según el peso vivo y su estado evolutivo, la composición nutricional de los pastos, forrajes y suplementos; y las épocas del año. El usuario básico podrá efectuar la formulación de raciones, como se muestra en la Figura 2; y estimar el rendimiento de un pasto según las hectáreas de tierras.

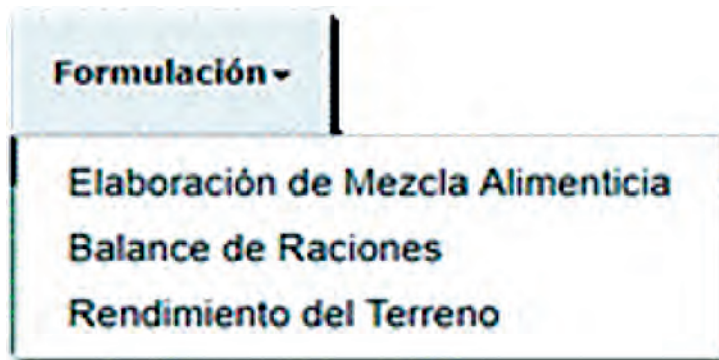


FIGURE 2. Ration formulation menu.
FIGURA 2. Menú correspondiente a la formulación de raciones.

Figure 3 shows the nutritional requirements of the animal (live weight, evolutionary state, vitamins, minerals, etc.) which forms the basis for all subsequent feed calculations.

En la Figura 3 se muestran los requisitos nutricionales del animal (peso vivo, estado evolutivo, vitaminas, minerales, etc.) que constituye la base para realizar posteriormente todos los cálculos alimenticios

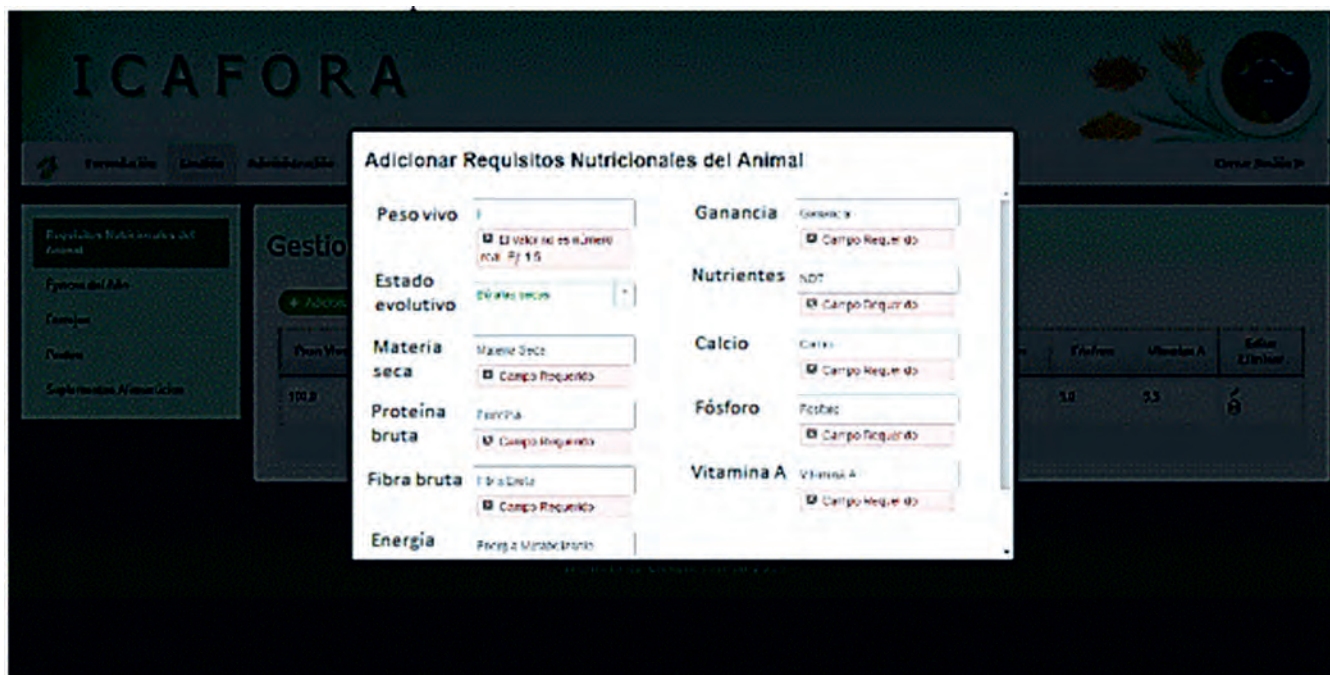


FIGURE 3. Adding nutritional requirements of the animal.
FIGURA 3. Adicionar requisitos nutricionales del animal.

For the elaboration of the mixture, the nutrient (Figure 4) and the percentage of it that is desired to be obtained are identified. The existing grasses, forages and supplements are selected (Figure 5) and the formulation is continued. The result is a pie chart with the recommended quantities for each of the foods (Figure 6).

Para la elaboración de la mezcla se identifica el nutriente (Figura 4) y el porcentaje que se desea obtener del mismo. Se seleccionan los pastos, forrajes y suplementos existentes en el momento actual (Figura 5) y se prosigue a la formulación. Como resultado se obtiene una gráfica de pastel con las cantidades recomendadas por cada uno de los alimentos (Figura 6).

Datos para la formulación

Nutrientes

- Materia Seca**
- Energía Metabolizante**
- Proteína Bruta**
- Fibra Bruta**
- Calcio**
- Fósforo**
- Vitamina A**

% de Materia Seca a obtener en la mezcla:

0.0

Min : 0.0 Max : 300.0

Cantidad de mezcla a formular: (Kg)

0.0

FIGURE 4. Nutrient Selection.
FIGURA 4. Selección del nutriente.

Pastos

Disponibles	Seleccionados
Uroméa Cruzado - Soca con Hoja	
Pangola Común - L. Intense	
Uroméa Cruzado - Soca sin Hoja	
Guinea Común - L. Intense	
Guinea Común - Soca con Hoja	
Uroméa Cruzado - L. Intense	

Suplementos

Disponibles	Seleccionados
maíz grano	
maíz palma	
maíz grano	
cebada grano	
maíz grano	
maíz mazorca	

Forrajes

Disponibles	Seleccionados
Girasol - L. Intense	
Sorgo Bicolor - L. Intense	

Formular Ración

FIGURE 5. Selection of grasses, forrages and supplements
FIGURA 5. Selección de pastos, forrajes y suplementos.



FIGURE 6. Result obtained.
FIGURA 6. Resultado obtenido.

CONCLUSIONS

- From the study of bibliography consulted, it was possible to obtain a greater knowledge of the subject in question, identifying the main aspects involved in the feeding of the

CONCLUSIONES

A partir del estudio de las diferentes bibliografías consultadas se pudo obtener un mayor conocimiento del tema en cuestión, identificando los principales aspectos que intervienen

animal. In addition, it facilitated the understanding of the mathematical models Double Square of Pearson and Simplex Dual model, selected for the preparation of food rations. The system was implemented, thus favoring the formulation of rations, which will be a great help to specialists in this field. For the evaluation of the system, several tests were carried out using real data. These showed that the system is very useful and practical for specialists.

en la alimentación del animal. Además, facilitó la comprensión de los modelos matemáticos Doble Cuadrado de Pearson y modelo Simplex Dual, seleccionados para la confección de raciones alimenticias. Se implementó el sistema favoreciendo así la formulación de raciones, lo cual constituirá una gran ayuda a los especialistas de esta esfera. Para la evaluación del sistema se realizaron diversas pruebas utilizando datos reales. Estas demostraron que el sistema es muy útil y práctico para los especialistas.

REFERENCES

- ACERO, C.L.M.: *Aplicación de método simplex para un modelo en la producción de leche y sus derivados en pequeños y medianos productores*, Inst. Universidad Nacional del Altiplano, Colombia, 2017.
- ALVARADO, M.P.A.: *Elaboración de raciones como suplemento alimenticio del ganado bovino, empleando residuos de cosecha de maíz, maní y arroz*, JIPIJAPA-UNESUM, 2018.
- BORROTO, G.O.: "La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años", *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2): 179-188, 2015, ISSN: 2079-3480.
- CORMEN, T.H.; LEISERSON, C.E.; RIVEST, R.L.; STEIN, C.: *Introduction to algorithms*, Ed. MIT press, 2009, ISBN: 0-262-53305-7.
- DEBRAUWER, L.; VAN DER HEYDE, F.: *UML 2.5: iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos*, Ed. Ediciones ENI, 2016, ISBN: 2-409-00372-9.
- DELGADO, D.; FRANZOLIN, R.; MAZZA, P.H.: "Fermentación y cinética ruminal en búfalos alimentados con heno de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* (L.) Pears) y concentrado con soya integral o extrusada", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(1): 39-43, 2011, ISSN: 0034-7485.
- DOUGLAS, K.; DOUGLAS, S.: *PostgreSQL: a comprehensive guide to building, programming, and administering PostgreSQL databases*, Ed. SAMS publishing, 2003, ISBN: 0-7357-1257-3.
- FERNÁNDEZ, C.E.: *Guía Técnica - Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero*, Per de 2013.
- FUNDORA, O.; ROQUE, R.; SÁNCHEZ, R.: "Datos preliminares de la conducta alimentaria de búfalos de río en pastoreo", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(1): 15-17, 2001, ISSN: 0034-7485.
- FUNDORA, O.; TUERO, O.; GONZÁLEZ, M.E.; RIVADINEIRA, W.; ALONSO, F.; VERA, A.M.: "Estudio comparativo de la conducta alimentaria de búfalos de río y vacunos de la raza Siboney de Cuba en la etapa de ceba", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3): 243-247, 2007, ISSN: 0034-7485.
- GACHET, A.: *Building model driven decision support systems with Dicosess*, Ed. vdf Hochschulverlag AG, 2004, ISBN: 3-7281-2952-6.
- GÁMEZ, M.N.A.: *Modelo De Optimización Para La Gestión De La Información De Producción Porcina En Pie De La Finca La Esperanza De La Vereda Tierra Negra Fusagasugá Cundinamarca*, 2016.
- IBÁÑEZ, A.A.; MUÑOZ, J.S.: *Desarrollo de un Programa Informático para la Formulación de Piensos Compuestos*, 2016.
- MONTES, A.A.; CASTELLANOS, G.M.; MARTÍNEZ, G.G.; CHÁVEZ, E.T.: "Uso de la programación matemática para la formulación de raciones de animales", En: *Congreso Interdisciplinario de Ingeniería*, vol. Revisión bibliográfica, p. 154, 2017.
- MULARIEN, P.: *Spring Security 3*, Ed. Packt Publishing Birmingham,, England, 2010, ISBN: 1-84719-974-7.
- PCC- CUBA: "Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021", En: *Actas del VII Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana: Oficina Central del Estado*, Ed. Editora Política, La Habana, Cuba, p. 30, 2017.
- POWER, J.D.: *Decision support systems: concepts and resources for managers*, Ed. Greenwood Publishing Group, 2002, ISBN: 1-56720-497-X.
- SP, S. de P.: "Sistemas de Producción", *Revista Argentina de Producción Animal*, 35: 83-136, 2016, ISSN: 0326-0550.
- SPURLOCK, J.: *Bootstrap: Responsive Web Development*, Ed. O'Reilly Media, Inc., 2013, ISBN: 1-4493-4460-7.
- WAGNER, J.; STANTON, T.L.: "Formulating rations with the Pearson square", *Fact sheet (Colorado State University. Extension). Livestock series; no. 1.618*, 2012.
- ZALAPA, A.: *Realidades del Cuadrado de Pearson simple, compuesto y el agregado*, Sitio argentino de Producción Animal, 2010.

Adanay Núñez González, Profesora principal de 1er Año de Ingeniería Informática, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Informática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP:32700, Telef: (53)47-860319, e-mail: adanay@unah.edu.cu

Yaimi Barcenás Mompeller, Profesor Asistente, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Informática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP:32700, e-mail: yaimi@unah.edu.cu

Alejandro Mejías Caba, Investigador, Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: amejias@ica.co.cu

Yusney Marrero García, Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Informática, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP:32700, e-mail: yusneym@unah.edu.cu

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license [Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.