

Artículo de Investigación

## Generalidades y oportunidades de desarrollo en el proceso de producción de alimento concentrado para caballos.

F. Rodríguez<sup>1\*</sup> , N. Fuenmayor<sup>1</sup> , H. Rodríguez<sup>1</sup> , M. Henríquez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.



CIENCIA EN REVOLUCIÓN

**Recibido:** 16 de junio del 2023

**Aceptado:** 18 de septiembre del 2023

**Publicado:** 8 de enero del 2023

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**DOI:** 10.5281/zenodo.10679296

**\*Autor para correspondencia:**

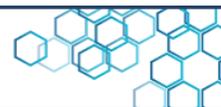
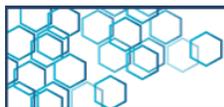
Francisco Rodríguez.

**e-mail:** [frmirotr14@gmail.com](mailto:frmirotr14@gmail.com)

### Resumen

La industria equina genera gran impacto económico en el mundo. Frente a una creciente demanda, se presentan retos para la industria de alimento animal que contemplan el uso eficiente de recursos, economía circular y disminución del impacto ambiental, mejorando el valor nutricional y la absorción de nutrientes. Este escenario presenta oportunidades para innovar con desarrollo de nuevos productos. El análisis llevado a cabo permitió identificar que en el período desde 1976 a 2001, el 14 % de las invenciones internacionales, se refieren a alimento reforzado con minerales, un 9 % clasifica como alimento animal de origen vegetal, 9 % alimento animal proveniente de desechos de origen vegetal, 5 % alimentos con aditivos de alto contenido en grasa y 22 % de la categoría “otros”. Uno de los métodos de procesamiento más ventajosos de alimento para caballos es la extrusión, la cual permite mayor aprovechamiento de nutrientes y mayor inocuidad. En el marco de puntos críticos de control se encontró que la literatura identifica a la salmonella, esporas fungales, monensino de sodio, micotoxinas y morfina como fuentes de riesgo que afectan la calidad del producto y en el artículo, se identifican las acciones más básicas para controlar, mitigar y prevenir los mismos.

**Palabras clave:** Alimentos, caballo, desarrollo, innovación, productos.



Research article

## Generalities and development opportunities in the production process of concentrated horse feed.

F. Rodríguez<sup>1\*</sup>, N. Fuenmayor<sup>1</sup>, H. Rodríguez<sup>1</sup>, M. Henríquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e innovación, Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela.

### Abstract

The equine industry generates great economic impact in the world. Faced with growing demand, challenges arise for the animal feed industry that contemplate the efficient use of resources, circular economy and reduction of environmental impact, improving nutritional value and nutrient absorption. This scenario presents opportunities to innovate with new product development. The analysis carried out allowed us to identify that in the period from 1976 to 2001, 14 % of international inventions refer to food reinforced with minerals, 9 % classified as animal food of plant origin, 9 % animal food from animal waste. plant origin, 5 % foods with high-fat additives and 22 % from the “other” category. One of the most advantageous processing methods for horse feed is extrusion, which allows greater use of nutrients and greater safety. Within the framework of critical control points, it was found that the literature identifies salmonella, fungal spores, sodium monersine, mycotoxins and morphine as sources of risk that affect product quality and in the article, the most basic actions are identified to control, mitigate and prevent them.

**Key words:** Feed, horse, development, innovation, product.



**Received:** June 16, 2023

**Accepted:** September 4, 2022.

**Published:** January 8, 2023

**Conflict of interest:** the authors declare that there are no conflicts of interest.

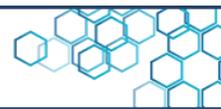
**DOI:**

10.5281/zenodo.10679296

**\*Corresponding author:**

Francisco Rodríguez.

**e-mail:** [frmirotr14@gmail.com](mailto:frmirotr14@gmail.com)



## 1. Introducción

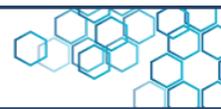
La formulación de alimento y sus tecnologías de producción están en auge debido a la creciente demanda de alimento de origen animal, el uso de componentes que minimicen el impacto ambiental, así como, el mejoramiento de la eficiencia en la elaboración del mismo [1].

Comparado con el año 2000, se cree que para el 2050 ocurra un incremento en la demanda de alimento de origen animal en un 70 % debido a la urbanización y crecimiento poblacional. Del mismo modo, se espera que la demanda de alimento animal llegue a 1.500 Mton para el 2050. En este sentido, existen oportunidades económicas al desarrollar e innovar en áreas relacionadas a las tecnologías de producción de alimento animal y desarrollo de dietas avanzadas para satisfacer las necesidades mencionadas, de las cuales se prevé un incremento en el futuro, al igual que los precios de estos alimentos [2].

En la fabricación y manufactura de alimento animal se procesan mezclas de ingredientes para mejorar la disponibilidad de nutrientes y darle forma física que cumpla con los requerimientos nutricionales de animales para desempeño óptimo, lo cual depende de los parámetros y equipos empleados para el proceso. Adicional a esto, se plantea como objetivo obtener beneficios económicos.

Dentro de las etapas de procesos comunes en la elaboración industrial de alimento animal, aquellas de mayor impacto son la molienda, el acondicionamiento de mezcla, peletizaje, extrusión, enfriado y secado.

Los cambios físicos, químicos y nutricionales más estudiados y documentados han sido sobre la extrusión, peletizaje y acondicionamiento. Este último, generalmente, abarca la adición de



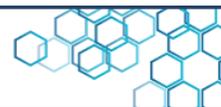
vapor y agua a la mezcla para hidratar, calentar y cocinar parcialmente sus ingredientes. El peletizaje convierte los ingredientes a gránulos y conglomerados, usando un agente aglomerante por medio de esfuerzo mecánico de la mezcla a través de un troquel, mientras que en la extrusión los ingredientes son humedecidos, plastificados y cocinados por acción de la humedad, presión, temperatura y corte, resultando en cambios de sus condiciones de procesamiento más pronunciados en comparación al proceso de peletizaje [3, 4].

El presente artículo se enfoca en alimento para caballos (*Equus Ferus Caballus*) a nivel nacional y algunos aspectos a nivel internacional. De igual manera, tiene como finalidad presentar aspectos generales sobre el diseño y desarrollo de un alimento para caballos y los procesos de fabricación asociados. El tema se encuentra dentro del marco de las normas COVENIN y las recomendaciones para la nutrición equina como lo reporta la National Research Council (NRC).

## 2. Metodología

Se realizó un levantamiento bibliográfico sobre procedimientos de desarrollo de nuevos productos y nutrición equina empleando la plataforma Sciencedirect.

Los factores de vigilancia fueron identificados junto con las palabras claves: alimento energético concentrado para caballos de carrera en forma sólida (contemplando: pellet, gránulos, alimento extruido, peletizado o texturizado), para identificar las formas, tecnologías y materiales comúnmente empleados en el área. Estas palabras claves



fueron empleadas en la plataforma Patentinspiration según los siguientes filtros reflejados en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Estrategia de búsqueda y número de resultados

Ecuación	Filtros	Número de resultados
(Horse OR equine) AND ("horse feed")	A23K, sin fecha, título abstract claims, y 1 patente por familia	74 resultados

Los resultados fueron analizados mediante la distribución de códigos para los mismos y clasificaciones propias de las patentes al realizar su lectura.

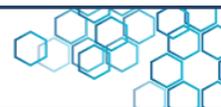
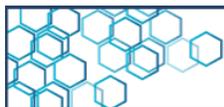
Finalmente, se identificaron las normativas venezolanas para fabricación de alimento para caballos y aspectos más importantes de los puntos críticos de control, las cuales se presentan en este artículo.

### 3. Discusión de resultados

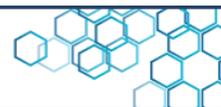
#### Desarrollo del proceso de diseño de producto alimenticio.

El proceso de desarrollo de un producto alimenticio consta de las siguientes fases [5, 6]:

1. Generación de ideas.
2. Estudio de consumidor y segmentación del mercado.



3. Estudiar el entorno y proponer ideas para resolver.
4. Plan de proyecto y estrategia de desarrollo.
5. Identificación de oportunidades.
6. Identificar tendencias, nichos de mercado, empresas líderes.
7. Estudiar e interpretar necesidades del consumidor.
8. Generación de conceptos de diseño.
9. Descripción textual o ficha de posible producto.
10. Perfil del producto (método de procesamiento, ingredientes, normativa).
11. Análisis de productos competitivos.
12. Identificar y evaluar beneficios, ventajas, desventajas de los productos.
13. Diseño de un producto superior.
14. Elección de productos a desarrollar.
15. Análisis competitivo y comparativo de productos, costos y tiempo asociados al desarrollo y costo unitario.
16. Especificación de límites y restricciones del diseño.
17. Especificaciones de diseño, límites de ingredientes, normativa asociada.
18. Descripción detallada de formulación del producto.
19. Costo unitario + costo de desarrollo + mercado destino + tiempo de desarrollo + misión y visión de empresa.
20. Elaboración física del producto.
21. Optimización por medio de diseño de experimentos.
22. Evaluación y puesta a prueba del producto.
23. Pruebas de estabilidad y vida útil del producto.
24. Evaluar desempeño del producto.
25. Escalamiento y comercialización.
26. Lotes de prueba. Pruebas de mercado a pequeña escala.
27. Comercialización y plan de mercadeo.



28. Registro CPE – INSAI – SAPI.

### **Evaluación de métodos de procesamiento comunes e inteligencia tecnológica.**

Durante el período 1976-2021 se obtuvieron 29 patentes que representan invenciones en la formulación o método para elaborar alimento concentrado (energético) para caballos. Además, se encontró una lista de todos los códigos IPC (códigos de patente internacional) asociados. Del resultado de la incidencia de dichos códigos se observan aquellos de mayor frecuencia y repercusión en el siguiente orden:

Alimento reforzado o suplementado con minerales, esteroides o antibióticos (14 %) (A23K10/16).

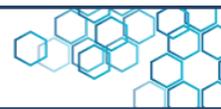
Alimento animal de origen vegetal (9 %) (A23K10/30).

Alimento animal proveniente de desechos de origen vegetal (9 %) (A23K10/37).

Alimentos con aditivos de alto contenido en grasa (5 %) (A23K20/158).

Por otro lado, el 22 % especificado como “otros” está compuesto de los siguientes códigos:

Incidencia del 45 % del código A61K, correspondiente a preparaciones de uso medicinal en el área de la medicina veterinaria que contemplan: moléculas orgánicas como el retinol, tiamina y el tocoferol (A61K31/00), aquellas preparaciones de carácter inorgánico (A61K33/00) que contienen azufre, selenio, telurio, zinc, fósforo, aluminio y cobre.



Incidencia del 5 % de modificación de calidad nutritiva por adición de aminoácidos (A23L33/17) y 5 % por adición de vitaminas (A23L33/15).

Adicionalmente, se emplearon palabras claves como “horse feed” y “product” en la plataforma Google de las cuales luego de analizar se obtuvo que la mayor proporción es alimento texturizado o multipartícula 47,0 %, seguido del extruido 26,5 %, peletizado 17,5 % y otros 8,8 %.

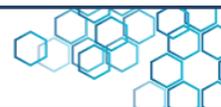
Al comparar los métodos de procesamiento comunes para alimento para caballos, como el peletizado y la extrusión, algunos de los factores que pueden compararse son: la inocuidad, la flexibilidad en la formulación, la digestibilidad, parámetros del proceso y el costo.

En cuanto a la inocuidad, la extrusión tiene mayor capacidad de reducir factores antinutricionales, salmonella y aflatoxinas, mientras que el peletizado tiene menor capacidad, ya que se procesa a menor temperatura [7, 8].

Las mezclas procesadas por extrusión pueden incorporar hasta 20 % en masa de grasa y el aglutinante es opcional, otorgando mayor flexibilidad al proceso, mientras que el peletizado admite hasta 5 % en masa de grasa en la formulación y requiere de aglutinante [7].

En cuanto a la absorción de nutrientes el alimento extruido posee generalmente mayor digestibilidad como producto de desnaturalización de proteínas y gelatinización del almidón, lo cual ocasiona una mayor absorción de nutrientes [8 - 12].

Los parámetros del proceso son más severos en la extrusión (hasta 25 % de humedad y más de 200 °C), mientras que en el peletizado es menor (70-80) °C [7], aunado a ello, otras de las consecuencias nutricionales



para caballos según el método de procesamiento para el alimento extruido, se encuentran el mantenimiento del peso y fácil alimentación en caballos de edad avanzada [13].

### **Composición y valores nutricionales del producto**

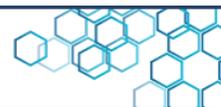
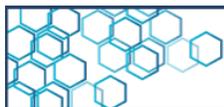
Los valores nutricionales permitidos se encuentran tabulados según la norma COVENIN 1884- 2021, la cual establece un 12 % de humedad máxima, 12 % mínimo de proteína, 12 % máximo de fibra, 3 % grasa cruda mínimo, 10 % máximo de cenizas, (0,6 - 1,2) % de Ca y 0,4 % de P mínimo.

En el caso de caballos de ejercicio intenso (caballos atletas), la normativa mencionada establece los valores nutricionales para alimento concentrado de 12 % de humedad máxima, 15 % mínimo de proteína, 8 % máximo de fibra, grasa cruda mínimo 4 %, 8 % máximo de cenizas, (0,8 - 1,0) % de Ca y 0,6 % de P mínimo.

Adicionalmente, según la National Research Council (NRC) y los productos de alimento energético para caballos atletas, se encontraron valores de energía digestible ED Kcal/kg entre 2,7-3,8, 12 % mínimo de proteína, entre (4-17) % de fibra cruda, grasa cruda mínimo de 4 % y entre (0,8 - 1,2) % Ca.

Empleando estos límites y los de la normativa COVENIN 1884-2021, se puede utilizar el método de combinaciones lineales para formular a mínimo costo, evaluando el aporte nutricional de macro y micronutrientes [8].

En función de la revisión de patentes y productos comerciales internacionales, entre los ingredientes comúnmente empleados como

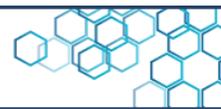


fuelle energética se encuentran: los cereales y las oleaginosas, como la soya, la avena, la cebada, el centeno, el trigo, el maíz y el arroz. Como fuente proteica se encontró que se emplean granos secos de destilería, proteína de soya, torta de semillas como el maíz, girasol, algodón, colza, linaza, maní, guisantes, frijoles, harina de alfalfa, entre otros. En menor incidencia, fuentes proteicas como la harina de pescado. Como fuente de fibra, se encontró evidencia del uso de afrechos y cascarillas de los granos, cereales y semillas mencionados. Las grasas empleadas en formulaciones son de origen vegetal. Otros aditivos empleados varían en función del estado fisiológico del caballo, edad y tipo de alimento, utilizándose como fuente de micronutrientes (vitaminas y minerales); con frecuencia se emplea el cloruro de sodio, fosfatos de calcio, premezclas vitamínicas y minerales, entre otros. El uso de la melaza también es importante como fuente de energía y saborizante.

### **Parámetros del proceso de elaboración del alimento**

El proceso de extrusión por cocción es preferido al poseer las ventajas mencionadas en las secciones anteriores. Se define un parámetro independiente del proceso como aquel que el operador del extrusor puede controlar, mientras que los parámetros del sistema son aquellas condiciones como resultado de los parámetros independientes [14 - 16]:

Entre los parámetros independientes más comunes están la formulación, la humedad en el barril, la configuración del tornillo extrusor, la velocidad del tornillo extrusor, la temperatura en el barril, la dimensión del troquel y la velocidad del cortador del troquel. Los parámetros de sistema en procesos de este tipo son comúnmente el



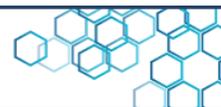
torque, la viscosidad de la mezcla fundida, la energía mecánica específica, el tiempo de residencia en el barril y la contrapresión del troquel.

Como resultado se obtienen las propiedades del producto, las cuales dependen de los parámetros del sistema. Comúnmente, estas variables pueden ser de carácter físico, nutricional o sensorial. Los atributos del producto, considerados parámetros de salida del proceso más comunes para alimento extruido, son el índice de expansión, densidad, estructura, tamaño, digestibilidad y textura.

### **Puntos críticos de control del proceso**

Según la norma COVENIN 3802 – 2002 esta metodología asegura la calidad de forma sistemática, aporta información sobre la severidad de la amenaza y los factores que la favorecen. El punto crítico de control puede ser un procedimiento, práctica o proceso para prevenir contaminación, sobrevivencia o crecimiento de microorganismos (o patógenos) o introducción de sustancias no deseadas al alimento. Es necesario elaborar un plan para mitigar dichas amenazas y las acciones correctivas, en caso de que un resultado esté fuera de las especificaciones. [17]

Desde el punto de vista de la tecnología de alimentos, además de cumplir con las buenas prácticas de manufactura, se presentan fuentes comunes de riesgos en la elaboración de alimento para caballos. En la Tabla 2 se resumen las actividades generales y acciones en la fabricación de alimento para caballos en el marco de HACCP.



**Tabla 2.** Acciones y resultados en el marco del HACCP para fabricación de alimento para caballos

Acción	Resultado
Evaluación de materia prima	Se verifica el proveedor y que no haya
Verificación del proveedor	habido sustancias prohibidas en los últimos
Evaluación visual	tres lotes recibidos
Evaluación nutricional	Muestras para evaluación visual
Plagas en almacén	Análisis nutricional
Trampas de plagas	Monitoreo de plagas
Evaluación de producto terminado	Análisis de color, tamaño y bromatología
Evaluación visual	del alimento
Evaluación nutricional	Análisis de sustancias según normativa
Chequeo de sustancias indeseables	local
	Análisis para evaluar sustancias prohibidas
	como micotoxinas y aflatoxinas

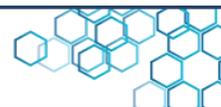
En el proceso de fabricación de alimento para caballos existen riesgos comunes, asociados a la calidad del producto, que afectan su inocuidad. A continuación, se presentan los riesgos más comunes y sus acciones más básicas para controlar, mitigar y prevenirlos [18]:

### **Esporas fungales**

Fuente: forraje seco al aire

Control: monitoreo de cosecha y condiciones de almacenamiento. Análisis y pruebas cuando condiciones presenten un riesgo elevado, rechazar materia prima húmeda.

Prevención: uso de preservantes en la formulación.



## **Salmonella**

Fuente: materia proteica de origen animal (predominantemente) o vegetal. Plagas que llevan salmonella.

Control: seleccionar proveedores que tengan sistemas de control de salmonella

Mitigación: cocción, acidificación y uso de preservantes.

Prevención: empleo de preservantes, acidificadores e implementar prácticas para reducir contaminación cruzada.

## **Monersino de sodio**

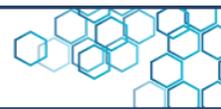
Fuente: premezclas vitamínicas contaminadas.

Control: seleccionar proveedores con sistemas de control y líneas no medicadas, que no usen monersino.

## **Micotoxinas**

Fuente: cereales, subproductos del procesamiento de cereales.

Control: realizar análisis fisicoquímico y microbiológico cuando condiciones indiquen riesgo, rechazar materia húmeda (15 %) y niveles fuera de especificación.



Mitigación: reformulación de las dietas para menor cantidad de materiales riesgosos.

Prevención: secado rápido y almacenamiento seco de cereales para evitar crecimiento de toxinas.

### **Morfina**

Fuente: contaminación cruzada con morfina.

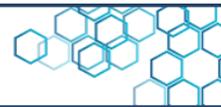
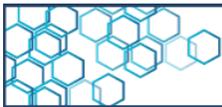
Control: evitar comprar de proveedores que utilicen sustancias prohibidas

Prevención: minimizar contaminación cruzadas en la cadena de distribución.

### **Efectos de los métodos de conservación sobre el contenido nutricional y sensorial del alimento**

La extrusión es un método en el cual las variables del proceso de manufactura afectan las propiedades organolépticas relacionadas con: palatabilidad, digestibilidad de proteínas y almidón, además, de la apariencia del producto.

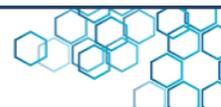
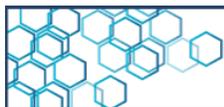
El método de conservación, incluyendo su empaque y condiciones de almacenamiento, influyen en el producto. Esto ha sido comprobado ampliamente en la literatura para alimento extruido en ensayos de estabilidad natural y acelerada.



La estabilidad de extruidos coloreados con antocianina fue estudiada, luego de 45 días a  $(30 \pm 2)$  °C, en empaques de polietileno de baja densidad o polietileno metalizado. La retención del color fue evaluada en los mismos empaques por 28 días, bajo intensidad de 500 lux. La adición de 1 % de ácido cítrico incrementó la retención de antocianina por 20,34 %, por el contrario, el bicarbonato de sodio disminuyó la retención de antocianina en 50,53 %. El polietileno metalizado presentó mejor estabilidad en las muestras en el período estudiado [19].

En un estudio de estabilidad se evaluaron las propiedades de los extruidos de harina de maíz con harina de castaña de agua como: dureza, actividad del agua, contenido de humedad, ácidos grasos libres, conteo total en placa y aceptabilidad general cada 60 días. Las condiciones de almacenamiento usadas fueron: 25 °C por 120 días, usando empaques de polietileno de baja densidad o empaques laminados con aluminio. Los resultados indicaron que durante ese período las muestras mantuvieron gran parte de sus atributos de calidad. Asimismo, las muestras ganaron humedad en ambos casos y la actividad de agua aumentó desde 0,25 hasta 0,43 y 0,36, para muestras en empaque laminado con aluminio y polietileno de baja densidad, respectivamente. Por otro lado, la humedad aumentó de 0,15 % a 0,27 % y 0,24 %, del mismo modo, el conteo bacteriano en placas fue bajo ( $< 25$  colonias/placa) [20].

En un estudio de estabilidad de 34 días a 40 °C, se analizaron los productos de degradación (como el hexanal) y secciones de la estructura del extruido. Además, se determinó que la matriz protege el contenido interior del extruido del aire y la humedad [21].



## **Comercialización**

### **Tamaño de mercado**

En Venezuela se estima que hay en total 527.734 caballos [22], de los cuales 1.595 son caballos de carrera, 1.100 son cuarto de milla y 500 de adiestramiento, salto y otras disciplinas [23].

### **Canales de distribución**

Para los caballos atletas, normalmente, a través de los potreros o hipódromos, realizan la compra a distribuidoras, agrotiendas o directamente con las empresas, para ser almacenados en mencionados espacios.

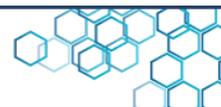
Para los caballos de trabajo o de las fincas, generalmente se compran a través de agrotiendas o distribuidoras.

Como es común en Venezuela, la distribución se realiza por transporte terrestre (en camiones o gandolas) al consumidor, ya sea en transporte, como mercancía seca cerrada o con lona encerada que protege la carga.

### **Registros y permisología**

Instituto de Salud Agrícola Integral INSAI: el producto debe registrarse frente a este ente para poder comercializarse.

Control de productos envasados CPE: código emitido por SENCAMER para la obtención de código único de barra de producto.

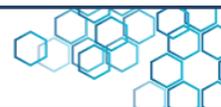
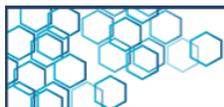


Servicio autónomo de propiedad Intelectual SAPI: para protección de marcas y patentes a nivel nacional.

## Perspectivas

La ganadería equina tiene múltiples usos en el sistema agroindustrial, ya que se emplean como caballos de trabajo, así como también, asisten a la ganadería. La cría de caballos constituye un mercado tanto de animales vivos o para sus despojos o carne, aportando avances a las ciencias veterinarias, asimismo, los animales pueden comercializarse, exportarse y, finalmente, se emplean como caballos de competencia y deporte, para los cuales existe un mercado que genera ingresos y empleo a nivel internacional [24 - 26]. De esta industria que generó, aproximadamente, 300 billones para el año 2019, los mayores contribuyentes fueron EE UU, Europa, Reino Unido, Canadá y Australia [27].

Por otra parte, respecto al alimento para animales, desde el año 2002 hasta el 2019, ha habido un declive general en las exportaciones en forma de harina, pellets o preparaciones de alimento animal en Venezuela. En la actualidad, las importaciones son mayores que las exportaciones para alimento animal en la presentación mencionada. Del mismo modo, los países importadores principales son: Ecuador, Perú, Brasil, EEUU, Países Bajos, España y China. También, desde el 2012, se puede evidenciar una disminución importante en las importaciones y exportaciones de alimento animal desde y hacia Venezuela [23, 28, 29].



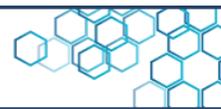
En las próximas décadas, se prevé un aumento en la demanda de alimento para animales, lo cual presenta oportunidades para innovar y desarrollar productos en este mercado.

A nivel nacional, existe baja oferta de alimento balanceado para animales. Además, las materias primas dependen fuertemente de importaciones de elementos básicos y aditivos. Especialmente en el mercado de caballos atletas, existen fuertes deficiencias en la oferta de alimentos, en un contexto de crecimiento de población de equinos en Venezuela. Esta deficiencia pudiese ser satisfecha desarrollando productos que empleen materia prima de origen nacional.

En Venezuela, entre los principales rubros agrícolas se encuentran: el maíz, arroz, subproductos de la caña de azúcar y frutas tropicales, con los cuales se puede formular y elaborar alimento para caballos. También, existen materias primas de cultivo nacional, de origen vegetal, que poseen potencial para su empleo como ingrediente no convencional, ya que han demostrado ser útiles en la alimentación para humanos, animales monogástricos y rumiantes. Por ejemplo, el *amaranthus*, el *prosopis juliflora*, la cascara de plátano (*musa*), el algarrobo (*ceratonia siliqua*), leguminosas forrajeras, como la *leucaena leucocephala*, *gliciridia sepium*, *morus alba* y otras, como la *Moringa oleifera*.

#### 4. Conclusiones

El proceso de desarrollo de nuevos productos parte de la creación de ideas, pasa por la generación de conceptos, desarrollo de



especificaciones, elaboración de prototipos y su puesta a prueba para la comercialización.

Entre los conceptos de alimentos energéticos comerciales más populares se encuentran, el alimento multipartícula (tipo musli), luego, el extruido y, finalmente, el peletizado.

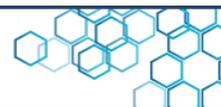
En el campo de productos alimenticios para caballos es un área que ha presentado interés, lo cual se refleja por el aumento en número de patentes en las últimas décadas. Estas invenciones se caracterizan por emplear materia prima de origen vegetal reforzada con minerales y otros aditivos.

Empleando la normativa COVENIN se puede diseñar un alimento acorde con los valores nutricionales permitidos y elaborar un plan para controlar, mitigar y prevenir riesgos asociados a la inocuidad de alimento para caballos.

La industria equina tiene fines dentro de la ganadería y deportes, además, genera ingresos en el orden de los billones internacionalmente. En Venezuela, existe una industria de caballos que demanda alimentos, siendo la gran mayoría dependiente de las importaciones. Este panorama presenta oportunidades para innovar y desarrollar nuevos productos alimenticios para esta especie.

## 5. Referencias

[1] Babinszky L, Verstegen MWA, Hendriks WH. 1: Challenges in the 21st century in pig and poultry nutrition and the future of animal nutrition.



En: Poultry and pig nutrition. The Netherlands: Brill | Wageningen Academic; 2019. p. 17-37.

[2] Van der Poel AFB, Abdollahi MR, Cheng H, Colovic R, den Hartog LA, Miladinovic D, et al. Future directions of animal feed technology research to meet the challenges of a changing world. Anim Feed Sci Technol [Internet]. 2020;270(114692):114692. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114692>

[3] Riaz MN, Rokey GJ. Single screw extruders in food and feed extrusion: common problems and their solutions. En: Extrusion Problems Solved. Elsevier; 2012. p. 79-93.

[4] Rojas OJ, Vinyeta E, Stein HH. Effects of Pelleting, Extrusion, or Extrusion and Pelleting on Energy and Nutrient Digestibility in Diets Containing Different Levels of Fiber and Fed to Growing Pigs. Journal of Animal Science, 94(5), 1951 - 1960, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0137>

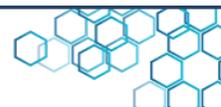
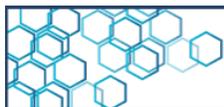
[5] Earle M, Earle R. Food Product Development (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition) (1st ed.). Woodhead Publishing. 2001.

[6] Moskowitz HR, Saguy SI, Straus T. An Integrated Approach to New Food Product Development (1ra ed.). CRC Press. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420065558>

[7] Rokey G, Plattner B. Extrusion and Other Agglomeration Technologies. Feed Pelleting Reference Guide. Kansas State University. [https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/1-2\\_extrusion.pdf](https://www.feedstrategy.com/wp-content/uploads/2019/09/1-2_extrusion.pdf)

[8] Studies DOEAL, Resources BOAAN, Horses CONRO, editores. Nutrient Requirements of Horses: Sixth. National Academies Press. 2007.

[9] Kronfeld D, Harris P. Equine Grain Associated Disorders. Compendium Continuing Education for Veterinarians, 25(12), 974-83, 2003.



[10] Breuer LH. Selecting and Utilizing Manufactures Feeds in Current Therapy in Equine Medicine. Londres. Robinson, 1997. p. 675-680.

[11] Hintz HF, Jaquay H, Sirois P. Feeds and Feeding in the North-eastern United States. In: Current Therapy in Equine Medicine 4. 1997. p. 680-684.

[12] Hintz HF, Scott J, Soderholm LV, Williams J. Extruded Feeds for Horses. In Proc. 9th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing. 1985. p. 174-176.

[13] Ralston SL, Breuer LH. Field evaluation of a feed formulated for geriatric horses. J Equine Vet Sci. 1996;16(8):334-8. [http://dx.doi.org/10.1016/s0737-0806\(96\)80141-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0737-0806(96)80141-9)

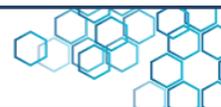
[14] Ganjyal GM, Hanna MA, Jones DD. Modeling selected properties of extruded waxy maize cross-linked starches with neural networks. J Food Sci [Internet]. 2003;68(4):1384-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09654.x>

[15] Ek P, Ganjyal GM. Basics of extrusion processing. Extrusion Cooking. Elsevier; 2020. p. 1-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815360-4.00001-8>

[16] Eerikäinen T, Zhu Y-H, Linko P. Neural networks in extrusion process identification and control. Food Control. 1994;5(2):111-9. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135\(94\)90096-5](http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135(94)90096-5)

[17] COVENIN 3802-2002 Norma Venezolana Directrices Generales para la aplicación del sistema HACCP en el sector alimentario FONDONORMA 2002

[18] Bishop R. Applied Equine Science. Manufacturer's Role in Feed Quality and Safety. 2013. <https://www.veteriankey.com/the-manufactures-role-in-feed-quality-and-safety-a-discussion-on-methods-used-in-feed-manufacturing-processes-to-assure-feed-hygiene-and-safety/>



[19] Durge AV, Sarkar S, Singhal RS. Stability of anthocyanins as pre-extrusion colouring of rice extrudates. *Food Res Int.* 2013;50(2):641-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.017>

[20] Jabeen A, Naik HR, Jan N, Hussain SZ, Shafi F, Amin T. Numerical optimization of process parameters of water chestnut flour incorporated corn-based extrudates: Characterizing physicochemical, nutraceutical, and storage stability of the developed product. *J Food Process Preserv.* 2021;45(7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.15569>

[21] Amft J, Bauer JL, Rostek J, Spielvogel S, Schwarz K. Effect of water addition on the microstructure, lipid incorporation, and lipid oxidation of corn extrudates. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2019;121(9):1800433. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201800433>

[22] FAOSTAT. Caballos, República Bolivariana de Venezuela, 2002-2020, Producción. FAOSTAT. 2022. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/SCL>.

[23] Study Book de Venezuela, 2022. [www.sunahip.gob.ve](http://www.sunahip.gob.ve)

[24] Winfield JR. What industry requires from the application of research from equine science. *Adv Anim Biosci.* 2010;1(1):351. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s2040470010004942>

[25] Antczak DF. Significance of the equine genome for the horse industry. En: *Equine Breeding Management and Artificial Insemination.* Elsevier; 2009. p. 295-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-1-4160-5234-0.00027-1>

[26] Squires EL. Integration of future biotechnologies into the equine industry. *Anim Reprod Sci.* 2005;89(1-4):187-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.022>

[27] Equine Business Association. Equine Industry Statistics Overview L. Retrieved March 20, 2022. <https://www.equinebusinessassociation.com/equine-industry-statistics/>

[28] Despojos y carne de caballos, República Bolivariana de Venezuela, 2002-2020. Producción, FAOSTAT, 2022.  
<https://www.fao.org/faostat/es/#data/SCL>

[29] B. (n.d.). Where Does Venezuela Import Animal Feed Preparations and Flour or Meal, Pellet, Fish, etc, for Animal Feed from? (2002-2019) OEC. OEC - The Observatory of Economic Complexity.  
<https://oec.world/en/visualize/stacked/hs92/import/ven/show/4230990.4230120/2002.2019/>