

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química



TRABAJO DE DIPLOMA

Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Químico.

TÍTULO: Evaluación de la estabilidad en el tiempo del aditivo zootécnico VITAFERT, elaborado en condiciones de producción a pequeña escala.

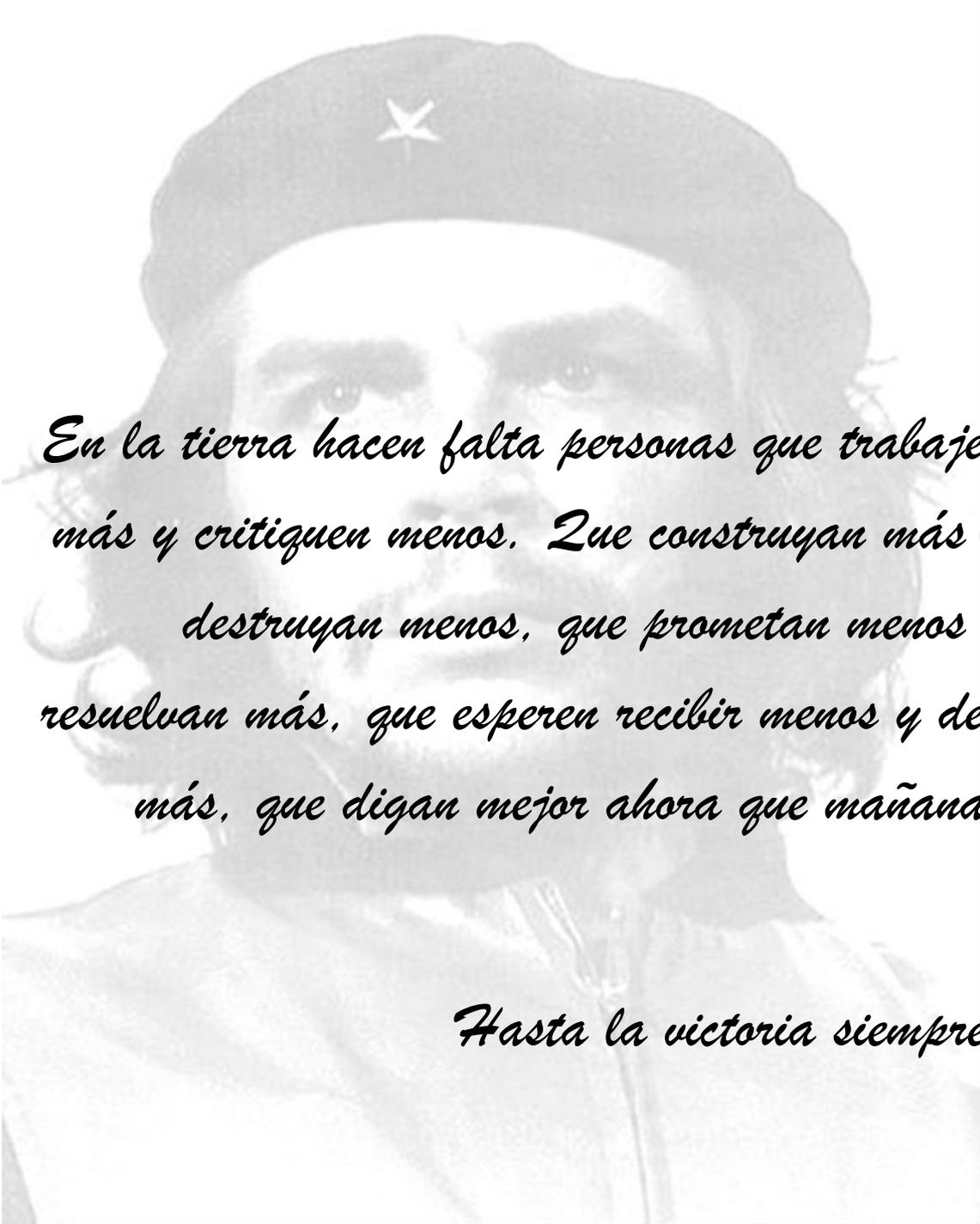
Autora: Katherine López Falcón
Diplomante de la Universidad de Matanzas.

Tutores: Dr. C. Agustín Beruvides Rodríguez

MSc. Ana Edelys Santana Lantigua

Matanzas

2021



En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos. Que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y den más, que digan mejor ahora que mañana.

Hasta la victoria siempre.

Ernesto Che Guevara

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Tribunal

Evaluación

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Katherine López Falcón soy la única autora de este Trabajo de Diploma por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma:  _____

Dedicatoria:

*A mi abuelita Hilda que aunque no se encuentre
ya con nosotros está siempre presente en cada uno
de mis pasos.*

*A mis padres que son el motor impulsor y la
inspiración a mi formación profesional, quienes
han soportado estoicamente los sacrificios que
implican un empeño como este.*

Agradecimientos

A mis padres por haberme educado con los valores más nobles y humanos, por su dedicación, comprensión y cariño, y por estar presente en cada paso de mi vida ya que sin su ayuda no hubiese logrado este gran sueño.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

A la Revolución Cubana, por la oportunidad de superarme cada día.

A mi novio, compañero y amigo por todo su apoyo y comprensión en los sacrificios que implica un desempeño como este.

A mi tutor el Dr. C. Agustín Beruvides por su atención durante la preparación, organización y elaboración de esta investigación, por sus horas de dedicación y paciencia para conmigo y sobre todo por su ayuda incondicional.

A mi tutora la Ms.C. Ana Edelys Santana Lantigua por su empeño, dedicación y elaboración de este trabajo.

A mis compañeras y amigas Yoandra, Claudia y Yanelys por su apoyo para seguir adelante en la

carrera, sobre todo por su tiempo y apoyo en los momentos más estresantes.

A los profesores, por su paciencia y constante sacrificio durante estos largos años de estudio que contribuyeron a mi formación profesional.

A mis compañeros de estudio por las preocupaciones y alegrías que compartimos a lo largo de la carrera.

A todos los que de una forma u otra han hecho posible esta investigación,

A todos en fin, muchas muchas gracias.....

RESUMEN

La investigación se realizó en la Unidad Porcina Gelpis. Tiene como objetivo evaluar la estabilidad en el tiempo del aditivo zootécnico VITAFERT, elaborado en condiciones de producción a pequeña escala. Para este estudio se realizó la caracterización química y microbiológica de este preparado microbiano y se evaluó su estabilidad durante 90 días. Para el análisis de los resultados de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT se aplicó estadística descriptiva, para lo cual se determinó: media, desviación estándar y coeficiente de variación. Los valores de pH, concentraciones de BAL y levaduras se procesaron mediante un análisis de varianza y se utilizó la dócima de Duncan (1955). Para el estudio de estabilidad se utilizó un análisis de medidas repetidas. El paquete estadístico utilizado fue INFOSTAT Versión 2012, Di Rienzo *et al.* (2012). Los valores obtenidos muestran que el aditivo presentó conteos elevados de bacterias ácido lácticas y levaduras, así como un valor de pH de 4,0. El estudio de estabilidad muestra que el producto mantiene un pH de 4,0 hasta los 90 días. Se concluye que el aditivo zootécnico VITAFERT presenta características químicas y microbiológicas para ser aplicado en la alimentación de cerdos.

Palabras claves: caracterización química y microbiológica, estabilidad, VITAFERT.

ABSTRACT

The research was carried out at the Gelpis Swine Unit. Its objective is to evaluate the stability over time of the zootechnical additive VITAFERT, produced under small-scale production conditions. For this study, the chemical and microbiological characterization of this microbial preparation was carried out and its stability was evaluated for 90 days. For the analysis of the results of the chemical and microbiological characterization of VITAFERT, descriptive statistics were applied, for which it was determined: mean, standard deviation and coefficient of variation. The pH values, LAB and yeast concentrations were processed by means of an analysis of variance and Duncan's test (1955) was used. For the stability study, a repeated measures analysis was used. The statistical package used was INFOSTAT Version 2012, Di Rienzo et al. (2012). The values obtained show that the additive presented high counts of lactic acid bacteria and yeasts, as well as a pH value of 4.0. The stability study shows that the product maintains a pH of 4.0 up to 90 days. It is concluded that the zootechnical additive VITAFERT has chemical and microbiological characteristics to be applied in pig feeding.

Keywords: chemical and microbiological characterization, stability, VITAFERT.

INDICE

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica.....	4
1.1 Producción porcina a nivel mundial.....	4
1.1.1 Producción porcina en América Latina	5
1.1.2 Producción porcina en Cuba.....	6
1.2 Alimentación del ganado porcino	9
1.2.1 Necesidades nutritivas.....	9
1.2.2 Requerimientos nutricionales.....	11
1.2.3 Sistema de alimentación por categoría.....	11
1.3 Fisiología digestiva del cerdo	13
1.4 Ecología del TGI	14
1.5 Aditivos	15
1.5.1 Requisitos de los aditivos	16
1.5.2 Clasificación de los aditivos	17
1.5.3 Tipos de aditivos zootécnicos utilizados en la alimentación animal ..	22
1.6 Aditivo zootécnico VITAFERT	24
1.6.1 Resultados de la aplicación del aditivo zootécnico VITAFERT en la producción animal.....	25
Conclusiones Parciales:	26
Capítulo 2 Materiales y métodos	27
2.1. Metodología aplicada para el preparado microbiano VITAFERT	27
2.2 Caracterización química y microbiológica del VITAFERT	28
2.3 Determinación de pH y conteo de bacterias ácido lácticas y levaduras ..	32
2.4 Conteo de microorganismos contaminantes	33
2.5 Análisis estadístico.....	34

Capítulo 3 Resultados y discusión	35
3.1 Resultados de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT	35
3.2 Resultado del análisis estadístico	38
3.3 Valoración económica	41
Conclusiones Parciales:	42
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	57

INTRODUCCIÓN

La porcicultura ocupa hoy un lugar importante en el mundo, tanto los niveles de producción como la eficiencia productiva se elevan cada año, siendo la carne de cerdo un componente muy frecuente en los platos de los terrícolas. La producción mundial de carne de cerdo ha mostrado un sostenido crecimiento desde el año 1996, sin embargo este incremento no ha sido constante a nivel geográfico (Tandrón y García, 2011).

Según Santos *et al.* (2011) plantea que durante seis décadas, Cuba ha conseguido avanzar en la erradicación de la pobreza y el hambre otorgando acceso gratuito y universal a los servicios básicos y los programas de protección social. Los animales domésticos han sido durante mucho tiempo los amigos inseparables del hombre y poderosos aliados en su lucha por la supervivencia, son las alternativas que el hombre ha utilizado para su transformación en alimentos, como fuente de proteínas, y como fuerza de trabajo.

Dentro de la estrategia del desarrollo agropecuario planteado por el país en los Lineamientos de la política económica y social, aprobados en el 6to Congreso del Partido Comunista de Cuba; el principal objetivo es la disponibilidad de alimentos a partir del autoabastecimiento e incremento de los fondos exportables, sustituyendo las importaciones de productos agropecuarios; ocupando un renglón fundamental como fuente valiosa de alimentos y nutrientes de alto valor proteico, la explotación de las diferentes especies de animales de interés económico como: bovino, porcino, equino, oveja, cabras, conejos, aves, búfalos, entre otros, los cuales le dan un lugar relevante al desarrollo económico en la esfera de la ganadería.

En Cuba la producción ha tomado dos vertientes fundamentales: la producción especializada y la no especializada donde se combinan características de la producción industrial y de la pequeña escala o familiar a través de productores independientes (Ramírez *et al.*, 2010).

Según Fariñas y Pérez (2008) más del 50% de la producción de carne de cerdo en Cuba se obtiene a partir de la crianza a mediana y pequeña escala que

realiza el sector campesino y cooperativo no especializado, mediante convenios con la Empresa Porcina.

La alimentación es una necesidad imprescindible para el hombre y para muchos países como Cuba se ha convertido en una prioridad, no solo para satisfacer las demandas de alimentos de su población sino además con el propósito de alcanzar una independencia que le permita prescindir de numerosas y costosas importaciones y crear reservas que garanticen seguridad y sostenibilidad.

En la producción animal es de suma importancia conocer la composición bromatológica de los alimentos, como los niveles de proteína, fibra, energía y minerales; de esta forma, se logra establecer el balance alimentario en las dietas de los animales. Al mismo tiempo, es necesario determinar la calidad microbiológica del propio alimento que pueda afectar el comportamiento animal en cuanto al consumo, la digestibilidad y la absorción de nutrientes (Brea, 2015; Caicedo, 2015; Lezcano *et al.*, 2014; y Milián *et al.*, 2019). El uso de los aditivos ayuda a la solución de estos problemas provocados por los alimentos.

Durante décadas se han utilizado los aditivos en la producción animal por los efectos benéficos que producen en indicadores fisiológicos, productivos y de salud. De esta forma, se logran disminuir los costos e incrementar la eficiencia en los sistemas productivos. La obtención, caracterización y evaluación de aditivos en la alimentación animal constituye una de las principales líneas de investigación (EURFA, 2018).

El estudio de las características microbiológicas y químicas de un aditivo es una premisa para introducir el nuevo producto en la alimentación animal (Caicedo y Valle, 2017; Rodríguez *et al.*, 2020). Elías y Herrera (2008) y Vitaluña (2014) informaron acerca de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT producido en fermentadores a escala de laboratorio; sin embargo, no se tiene conocimiento de la estabilidad del producto en condiciones de producción a pequeña escala y así lograr ponerlo al alcance de medianos y pequeños productores porcinos, convirtiéndolos en protagonista para alcanzar la soberanía alimentaria que necesita el país.

PROBLEMA

¿Cómo determinar la estabilidad en el tiempo del aditivo zotécnico VITAFERT, elaborado en condiciones de producción a pequeña escala?

HIPÓTESIS

Si se realiza la evaluación de la estabilidad en el tiempo del aditivo zotécnico VITAFERT, elaborado en condiciones de producción a pequeña escala, entonces se podrá poner un preparado microbiano al alcance de medianos y pequeños productores en la provincia de Matanzas.

Objetivo General:

Evaluar la estabilidad en el tiempo del aditivo zotécnico VITAFERT, elaborado en condiciones de producción a pequeña escala.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar desde el punto de vista químico y microbiológico el aditivo zotécnico VITAFERT.
- Determinar la estabilidad del aditivo zotécnico VITAFERT durante 90 días.
- Realizar el análisis estadístico de los indicadores evaluados.
- Estimar el beneficio económico del empleo del aditivo VITAFERT en la alimentación de cerdos.

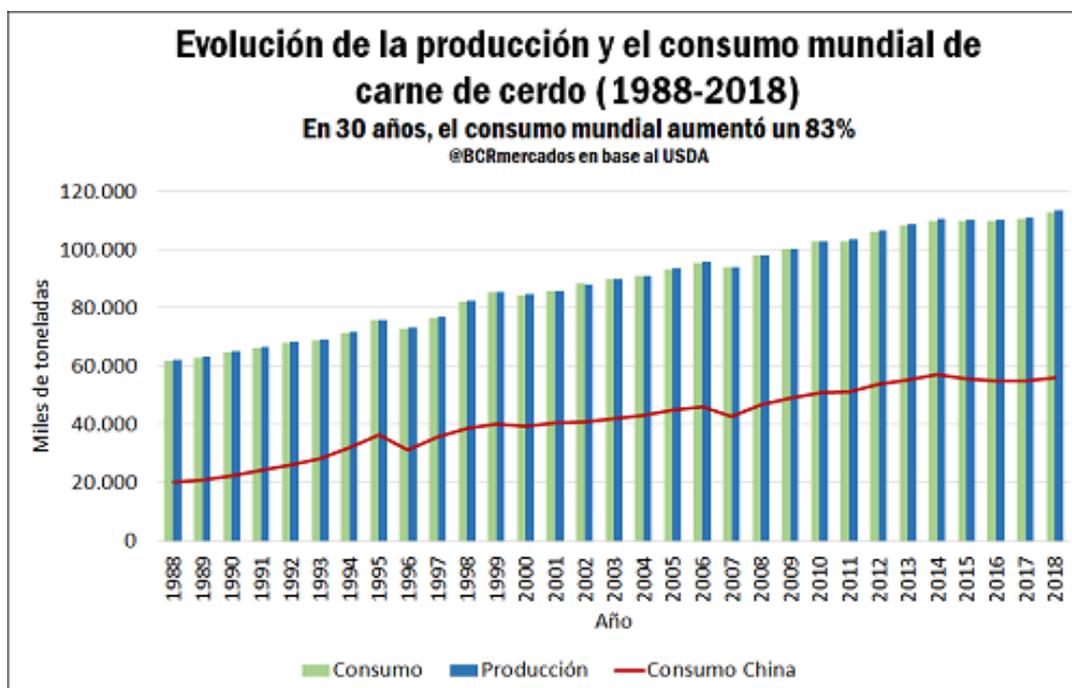
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica

En este capítulo se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la situación de la producción porcina en el mundo, América Latina y Cuba. También se trató sobre la formulación de las raciones del ganado porcino, sus necesidades nutritivas, sus requerimientos nutricionales, así como la alimentación por categoría. Además, se abordó sobre la fisiología digestiva del cerdo, los aditivos y sus diferentes clasificaciones.

1.1 Producción porcina a nivel mundial

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2014) refirió que para el año 2050 la producción de carne en el mundo deberá incrementarse de 228 a 463 millones de toneladas, más del doble, para cubrir la demanda que debe existir en ese momento.

Figura 1. Evolución de la producción y el consumo mundial de carne de cerdo desde 1988-2018 (USDA, 2019).



La carne porcina es la que más se consume en el mundo y representa el 43% del total de la que se produce, seguida por la de aves y bovinos con 30 y

23,7%, respectivamente. El cerdo ocupa un lugar especial por sus indiscutibles ventajas como productor de carne y adicionalmente de grasa, a partir de sistemas de producción no convencionales (Mederos *et al.*, 2007).

Más del 75% de la producción y el consumo global de cerdos se concentra en tres economías: China, la Unión Europea y Estados Unidos de América. El mercado de carne porcina creció significativamente durante las últimas décadas, por lo que se incrementó el consumo en más de un 80% en los últimos 30 años. El gran determinante de estos cambios es China, principal productor y consumidor mundial (Sigaudó y Terré, 2018).

1.1.1 Producción porcina en América Latina

La mayoría de los países de América Latina se ven inmersos en constantes crisis en el sector de la producción porcina. Esta situación lleva al desaliento e incluso al abandono de esta actividad en gran parte de los porcinocultores. Las modernas tecnologías de producción de cerdos procedentes del hemisferio norte exigen grandes inversiones, que muchas veces no están al alcance de los pequeños y medianos productores. Los altos costos de la instalación, el equipamiento, la alimentación y las fluctuaciones en el precio final que recibe el productor, determinan la inviabilidad de la empresa porcina (Barlocco *et al.*, 1999).

En América Latina, la carne porcina es la que más se consume y su demanda experimentó un fuerte incremento en las últimas décadas. La relevancia de la porcicultura no solo radica en la producción de alimentos de calidad, sino en su aporte económico, pues representa el segundo lugar en cuanto a valor dentro de la producción de carnes. Esta actividad genera gran cantidad de empleos directos e indirectos en las granjas y en los procesos industriales (FAO, 2014).

El tamaño y las características del sector de la producción porcina son muy diferentes y dependen de las particularidades de cada país; hay países en los que las granjas de dimensión pequeña y media son mayoritarias en muchos casos (Guatemala, Honduras, Cuba y Uruguay), incluso en condiciones

extensivas; mientras que en otros, la porcicultura industrial es altamente desarrollada (Díaz y Valencia, 2014).

1.1.2 Producción porcina en Cuba

Se considera que la carne de cerdo es una de las principales fuentes de proteína animal para la población cubana. En Cuba hasta 1989, la mayor producción era estatal especializada, aunque se producía carne de cerdo de patio y traspatio por el campesino, con el objetivo de cubrir las necesidades proteicas y de contar con una fuente de ingresos rápida y eficiente (Diéguez, 2010).

En el año 1991 se alcanzó una producción de 102,4 miles de t de carne, donde el sector estatal contribuyó con más del 80%. En ese mismo período ocurrió el derrumbe del campo socialista (de la antigua Unión Soviética) y con ello comenzaron las limitaciones económicas en la adquisición de altos volúmenes de materias primas para la elaboración de los piensos; por tanto, se promovió en el país el desarrollo de la producción no estatal (Martínez, 2011).

En correspondencia, el Grupo Porcino Nacional GRUPOR (2015) refiere que desde el año 1993 se establecieron nuevos tipos de producción con la firma de convenios con el sector cooperativo y campesino. Esta nueva variante se incrementa y se perfecciona, con el principio de entregar a los productores el 70% del alimento, y la otra parte deben producirla en sus tierras. Sin embargo, el comportamiento de esta producción en los últimos cinco años es inestable, debido a la crisis económica mundial de la cual Cuba no está exenta.

Tabla 1. Comportamiento de la producción porcina en Cuba en los últimos años.

Indicadores	Años				
	2014	2015	2016	2017	2018
Producción de carne, Mt	171,00	180,00	195,00	200,00	198974
Muertes en crías, cbz	275410	281124	276195	276101	213098

Evaluación de la estabilidad en el tiempo del aditivo zootécnico Vitafet

% de mortalidad, crías	11,50	11,50	11,35	12,00	11,90
Muertes en preceba, cbz	86521	88410	95136	94261	73433
% de mortalidad, preceba	5,25	5,25	5,30	5,40	4,90

Años (ONEI y GEGAN, 2018).

ONEI: Oficina Nacional de Estadísticas e Información; GEGAN: Grupo Empresarial Ganadero (División Porcino).

Con el objetivo de incrementar la producción porcina a 350 000 t por año y con ello, contribuir a la seguridad alimentaria de la población cubana, existe un Programa Nacional hasta el 2030, donde se prevé que aproximadamente el 80% de las reproductoras y los lechones hasta 20 kg de peso vivo pertenezcan al sector estatal y el 20% pasaría al sector privado (GEGAN-División porcino, 2018).

Según Santos *et al.* (2011) la masa porcina en Cuba tiene una estructura que sigue un modelo piramidal con el cuál se logra el mejoramiento genético con la utilización de cruzamiento en las unidades de producción. La estructura está dada por:

- Centros genéticos
- Centros multiplicadores o de reemplazo
- Centros de producción o de crías.

Cada centro de producción se compone de 3 unidades establecidas de acuerdo con su objetivo de trabajo:

- Unidad de cría
- Unidad de crecimiento
- Unidad de ceba

Cada unidad de cría debe contar con 4 áreas:

- Fecundación

- Gestación
- Maternidad
- Recuperación y crecimiento

Las categorías porcinas son:(Hay que tener en cuenta el tipo de centro)

- Cría: desde el nacimiento hasta el destete
- Preceba: del destete hasta los 103 días con 6- 25kg
- Lechones o lechonas: desde el destete hasta los 4 meses
- Cochinitas o cochinitos: de 4 meses hasta que se incorporen a la reproducción
- Reproductoras: a la primera cubrición o inseminación con 8 ó 9 meses
- Reproductores o verracos: machos con más de 100 kg y 9 meses
- Ceba: de 104 hasta 253 días con el peso de sacrificio

La importancia económica de esta especie animal crece considerablemente en la actualidad lo cual se debe a:

- Su fácil alimentación (son omnívoros).
- Su rápido crecimiento y engorde.
- La proliferidad (más de 10 crías).
- Alto rendimiento en carne.
- Alta calidad de la carne (digestibilidad, sabor y valor nutritivo).

En Cuba las condiciones actuales de cría intensiva de los cerdos favorece la alteración de la microbiota intestinal. Así, los destetes excesivamente tempranos, la crianza artificial, el estrés, la escasa limpieza-higiene, el vacío sanitario o el sistema de primerizas nodrizas, impiden la total colonización de la biota saprofítica, esto provoca que el cerdo no sea capaz de mantener el equilibrio biota beneficiosa/biota patógena, lo que da lugar a patologías digestivas, principalmente diarreas (Quiles y Hevia, 2016).

1. 2 Alimentación del ganado porcino

La alimentación de los cerdos se basa en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, a la etapa fisiológico-productiva, al estado sanitario de los animales y de la unidad de producción porcina, a las condiciones ambientales donde estén alojados y al manejo que estén sometidos los mismos (Fuentes *et al.*, 1989).

Los ingredientes que se utilizan en la formulación de los alimentos tienen diversas características físico-químicas, toxicológicas, perfiles e interacciones nutritivas, niveles de inclusión, efectos productivos, así como costos que limitan su uso (García y De Loera, 2007; García-Contreras, 2010). Por ello, es necesario utilizar dicha información para establecer un proceso de elaboración correcto. Asimismo, no se debe olvidar que el impacto ambiental es de consideración obligatoria al elegir la composición de la dieta, ya que se valora la biodisponibilidad y digestibilidad de los nutrientes, así como los niveles a utilizar en cada etapa de producción (VSP-DK, 2009).

1.2.1 Necesidades nutritivas

Los parámetros para la valoración de las necesidades nutricionales se clasifican según el contenido de los nutrientes y son los siguientes (FEDNA, 2013):

Energía. La energía en sí no se considera como nutriente, pero se libera a través de alimentos que contienen lípidos (grasas) y carbohidratos. Para la determinación del consumo de pienso hay diversos niveles nutricionales según cada etapa de producción y el valor energético se puede mostrar de diferentes maneras, como Energía Metabolizable (EM), Energía Neta (EN) y Energía Digestible (ED). De forma general, en la mayoría de las investigaciones, la unidad más empleada es la EM, aunque también se recomienda la ED por su precisión. No obstante, no se suele encontrar en todos los ingredientes estos valores. Las principales fuentes de energía en la alimentación porcina son los cereales y sus derivados.

Proteína. Habitualmente se propone un rango del contenido en proteína bruta por la falta de información sobre la concentración de aminoácidos, que es lo realmente limitante para el pienso. Se clasifican en completas o incompletas. La completa es de origen animal y posee nueve aminoácidos esenciales y la incompleta es de origen vegetal y carece como mínimo de uno de estos compuestos, pero se pueden combinar y generar una completa. El más limitante es la lisina y por tanto, para determinar sus necesidades, se deberán calcular en función de este aminoácido.

Fibra dietética. Las fuentes de fibra se suelen proporcionar en mayor número de ocasiones como Fibra Neutro Detergente (FND) que como Fibra Bruta (FB). Contiene lignina, celulosa, hemicelulosa y se digiere de forma limitada, por lo que es difícil recomendar una cantidad óptima. Generalmente se emplea para mejorar el confort intestinal sin provocar reducciones en la ingesta de concentrado por parte de los cerdos.

Minerales. Los minerales se pueden clasificar en función de la cantidad que los ingredientes aportan al pienso para realizar las funciones fisiológicas pertinentes en dos grupos: macrominerales como calcio (Ca), cloro (Cl), fósforo (P), sodio (Na) principalmente y en ocasiones magnesio (Mg) y azufre (S) y microminerales como manganeso (Mn), zinc (Zn), selenio (Se), yodo (I), los que se incluyen en cantidades muy bajas como correctores en la dieta.

Vitaminas y oligoelementos. La inclusión de un programa nutricional con niveles adecuados de vitaminas y de oligoelementos en el pienso de los cerdos, no solo les permite desarrollar completamente su potencial genético, sino que también mejoran diversos aspectos relacionados con la salud, el bienestar, la productividad y la calidad final de la carne. El aporte de algunos oligoelementos (Fe, Cu, Zn, Mn y Se) al ganado porcino en forma de quelatos, propicia la condición de atravesar la barrera intestinal sin ninguna transformación bioquímica y cumplir su cometido de una forma más eficaz.

1.2.2 Requerimientos nutricionales

Los Requerimientos Nutricionales de los cerdos según la NRC (2012) se determinaron bajo condiciones de alimentación, cruzamiento racial y tenencia de los diferentes proveedores, por lo que no coinciden unos con otros. Dado que existen factores que influyen en las necesidades de nutrientes, las recomendaciones dietéticas específicas son aplicables tan solo a un grupo de condiciones. Por consiguiente, debe aplicarse a partir de las situaciones reales existentes en cada granja. A continuación, en la tabla 2 se presentan los requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento.

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento alimentados *ad libitum* (NRC, 2012).

Intervalo de peso, kg	3-5	5-10	10-20	20-50	50-80	80-100
Consumo de alimento, g.d ⁻¹	250	500	1000	1855	2575	3075
Proteína bruta, %	26,00	23,70	20,90	18,00	15,50	13,20
Energía digestible, MJ.kg ⁻¹	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20
Consumo de Proteína bruta, g.d ⁻¹	65	119	209	334	339	406
Consumo de Energía digestible, MJ.d ⁻¹	3,55	7,10	14,20	26,34	36,56	43,66

1.2.3 Sistema de alimentación por categoría

Alimentación en la categoría de crías (GRUPOR, 2015).

- La alimentación en toda esta etapa comienza desde los cinco días de edad con el boqueo o alimentación forzada para familiarizar a las crías con el alimento hasta el destete.
- Los cerditos consumirán alimento concentrado pre-inicio a voluntad, no obstante se estima la ingestión promedio diaria de 0,06 kg, con una frecuencia mínima de cinco veces al día. El control del consumo diario por grupo o secciones debe ser obligatorio.

- Si existe contaminación por orina y heces, debe retirarse el pienso y suministrar nuevamente alimento fresco.
- Independientemente del tipo de comedero que se disponga es conveniente suministrar el alimento concentrado limpio, fresco y en pequeñas cantidades; solo así se logra evitar que se acumule, se humedezca y se fermente.
- Los comederos deben diseñarse de forma tal que impidan el derrame de los alimentos y eviten la penetración de los animales, la viruta de madera y los excrementos en su interior.
- El día del destete por la tarde se suministrará solo la mitad de la ración que deberá consumir ese día.

Alimentación en la categoría de preceba (GRUPOR, 2015).

Esta categoría consumirá alimento concentrado pre-inicio o inicio (tabla 3) y se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- La oferta del alimento será a voluntad, lo que permite que los animales siempre dispongan de concentrado fresco y limpio.
- Todos los cambios de alimento concentrado se harán paulatinamente y se dispondrá al menos de siete días para lograr la adaptación de los animales. Por ejemplo, si se desea cambiar el concentrado pre-inicio por inicio, en los dos primeros días consumirán una mezcla de 75% de pre-inicio y 25% de inicio, en el tercero y cuarto día el 50% de cada uno y del quinto al sexto día, recibirán el 25% de pre-inicio y el 75% de inicio y posteriormente se ofertará el 100% de inicio.
- Cuando no se disponga de los comederos tolvas será necesario distribuir los alimentos como mínimo tres o cuatro veces al día. El pienso se distribuirá uniformemente a lo largo de todo el comedero.

Tabla 3. Tecnología de alimentación en la etapa de preceba (GRUPOR, 2015).

Sección	Edad (días)	Consumo (kg.d⁻¹)	Tipo de pienso
1	26-33	0,25	Pre-inicio o inicio
1	34-40	0,35	

2	41-44	0,45	
2	45-47	0,60	
Promedio	26-47	0,55	
3	48-54	0,75	Inicio
4	55-61	1,00	
5	62-68	1,20	
6	69-75	1,40	
Promedio	48-75	1,09	

1.3 Fisiología digestiva del cerdo

El lechón en los primeros días de vida no está apto para digerir dietas no lácteas compuestas por carbohidratos, proteínas y grasas complejas (Rondón *et al.* 2013), debido a que la función y estructura del tracto gastrointestinal (TGI) del cerdito aún se encuentra reducida hasta los 21 días de edad. Esto hace que la producción de la cantidad de enzimas (amilasa, lipasa, maltasa y proteasas) sean insignificantes hasta la cuarta semana de vida (Lähteinen *et al.*, 2015).

Easter (1995) establece que el cerdo está capacitado fisiológicamente para utilizar la leche de la madre como fuente primaria de nutrientes en las primeras semanas de vida, y no está preparado para digerir dietas no lácteas basadas en carbohidratos, proteínas y grasas complejas.

La edad del destete y la morfología intestinal tienen una estrecha relación con la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas (Mayea, 2020). Los cambios funcionales y estructurales que ocurren durante este evento inciden directamente en la disminución del consumo voluntario, en el retardo del crecimiento inicial, en la pérdida de peso y en el aumento de los trastornos diarreicos y muertes, debido a la baja capacidad digestiva y absorbente de las dietas sólidas (Kongsro *et al.*, 2017). En este sentido, el empleo de aditivos microbianos pudiera favorecer la mejor utilización de los nutrientes, y en consecuencia, reducir los trastornos diarreicos y mejorar la salud del hospedero (Rodríguez *et al.*, 2013).

La hidrólisis de almidones y azúcares diferentes a la lactosa se limita debido a que las enzimas encargadas de degradar estos nutrientes aún están inmaduras (Kim *et al.*, 2018), la acidez del estómago (pH superior a 4), la secreción de HCl es baja hasta los primeros días del destete, factor que restringe la digestión y absorción de los nutrientes provenientes de la dieta externa (Hu *et al.*, 2014).

Durante las diez primeras semanas de edad, los cerdos sufren cambios en su sistema inmune. El lechón recién nacido depende de la inmunidad pasiva suministrada por la madre. Al nacer, el animal recibe inmunoglobulinas a través del calostro (Hester *et al.*, 2012). Posteriormente, el animal recibe la leche materna, que baña las paredes intestinales y proporciona cierta inmunidad local a través de la IgA.

Al llegar el destete, la dieta líquida se sustituye por alimento seco. En ese momento, la falta de capacidad digestiva, unido al cambio de menos frecuencia de alimentaciones y en mayor cantidad, empeora la digestión, y gran parte de este sustrato pasa sin digerir al intestino grueso, donde ocurre la fermentación y pueden generarse problemas entéricos. Esta situación hace que muchos porcicultores, eviten los trastornos diarreicos con la reducción del consumo de alimento al momento del destete (Campabadal y Navarro, 1994).

1.4 Ecología del TGI

El conocimiento de la ecología microbiana del TGI de los cerdos es objeto de estudio de diferentes investigadores y entre los aspectos que más se analizan están los microorganismos presentes, su actividad fisiológica, las relaciones que se establecen entre los mismos y con el hospedero y los factores que afectan a la población microbiana de este ecosistema (Ojito, 2012).

La población microbiana del TGI es el conjunto de microorganismos que conforman uno de los ecosistemas más interesantes del Reino Animal; cuya estructura depende de la carga inicial de microorganismos, de la composición de nutrientes presentes en las materias primas que se utilizan en la alimentación, del estado fisiológico del animal y de la presentación de problemas patológicos, en especial de aquellos que afectan al sistema

digestivo. Además, asociado a este, se encuentra todo un conjunto de células de defensa, que constituyen el componente mayoritario del sistema linfóide con el que interactúan, muchas veces de forma sinérgica, los microorganismos presentes en el tracto digestivo (Pérez de Rosas *et al.*, 2016).

Cada especie animal tiene una *microbiota* intestinal característica y esta mantiene su equilibrio bacteriano en función de distintos factores, pero fundamentalmente de la alimentación. No obstante, existen diferentes tipos de microorganismos que resultan beneficiosos para cualquier especie animal. Entre ellos se encuentran los del género *Lactobacillus*, que se encargan de descomponer los nutrientes que no se digirieron en otras partes del tubo digestivo. Un segundo grupo está formado por las bifidobacterias, responsables de la síntesis de vitaminas, sobre todo las del grupo B, las levaduras encargadas del mantenimiento de la estabilidad intestinal y otras bacterias pertenecientes a varios géneros que intervienen en el mantenimiento de la integridad de la mucosa intestinal. Junto a estos microorganismos destaca la *microbiota* subdominante, compuesta por enterobacterias como *Enterococcus*, *E. coli* y otros gérmenes oportunistas. Finalmente, hay un tercer grupo de microorganismos fluctuantes con potencial patógeno, formado por *Clostridium* spp, *Proteus* spp, *Staphylococcus* spp y *Pseudomonas* spp (Quiles y Hevia, 2016).

A partir de toda la información anterior se reconoce que dentro de las bacterias autóctonas del TGI, se encuentran las BAL. Diferentes especies de este grupo están adaptadas a las condiciones de este ecosistema y por sus propiedades benéficas, se emplean ampliamente en la elaboración de aditivos zootécnicos.

1.5 Aditivos

Se reconoce por la comunidad científica que la definición más aceptada del término aditivos para la alimentación animal es la emitida en el Reglamento (CE) No. 1831/2003 del *European Union Register of Feed Additives* EURFA (2018) que regula la utilización de aditivos en la alimentación animal, y los define como sustancias, microorganismos o preparados que se añaden al

agua o al pienso con una o varias de las siguientes funciones: satisfacer las necesidades alimentarias; mejorar las características del pienso o de los productos de origen animal; mejorar la productividad, la actividad o el bienestar animal mediante su influencia sobre el perfil de la flora microbiana intestinal o la digestibilidad de los alimentos. Según estas funciones, los aditivos se clasifican en tecnológicos, organolépticos, nutricionales, zootécnicos y coccidiostáticos e histomonóstatos.

El auge actual de la búsqueda y el uso de nuevos aditivos en alimentación animal se basa en la prohibición desde el 1 de enero del 2006 de los antibióticos como promotores de crecimiento (Fernández-Martínez, 2005) debido a su influencia sobre la salud humana en cuanto a alergias, toxicidad y resistencias cruzadas como consecuencia de la presencia de residuos en carne. Los antibióticos además de justificarse por razones económicas mejoran la eficacia de los procesos metabólicos y la salud de los animales. Actualmente el uso de piensos medicamentosos está muy regulado por la ley y se utilizan bajo prescripción veterinaria para el control de procesos infecciosos pero no como preventivos o como promotores de crecimiento.

1.5.1 Requisitos de los aditivos

Para que un aditivo pueda registrarse ha de cumplir las siguientes condiciones:

1. Que sea eficaz: la utilización del aditivo ha de mejorar significativamente ($P < 0,05$) los resultados obtenidos. Esta mejora ha de haberse observado en 5 ensayos experimentales realizados en distintas granjas experimentales.
2. Que sea seguro para el hombre y los animales según la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria.
3. Que su impacto ambiental sea nulo o positivo.

Una vez que cumple estos requisitos y que cumple con la legislación vigente, se registra el aditivo tras el pago de las tasas y los impuestos. Estos gastos dependen de cada especie en particular. Una vez registrado, el aditivo entra a

formar parte de lo que se denomina lista positiva (Cesfac, 2008). La legislación vigente respecto a los aditivos es el Reglamento de la Unión Europea 1831/2003, es una disposición general para todos los países miembros de la Unión Europea al contrario de lo que ocurría con la legislación anterior que era un Real Decreto (RD 2599/1998) solo aplicable en España. La principal diferencia entre ambas es que se ha pasado de clasificar a los aditivos de 15 a 5 grupos aunque un mismo aditivo puede pertenecer a varios grupos según sus funciones y sus propiedades. Estos 5 grupos son: 1) aditivos tecnológicos, 2) aditivos organolépticos o sensoriales, 3) aditivos nutricionales, 4) aditivos zootécnicos y 5) coccidiostatos o histomonostáticos (Pérez y García, 2021).

1.5.2 Clasificación de los aditivos

Según (EURFA, 2018), los aditivos son clasificados de la manera siguiente:

- Aditivos tecnológicos.
- Aditivos organolépticos.
- Aditivos nutricionales.
- Aditivos zootécnicos.

Aditivos tecnológicos:

Los aditivos tecnológicos se definen como cualquier sustancia añadida al producto destinado a la alimentación animal con fines tecnológicos, y también se pueden utilizar para combatir trastornos nutricionales en el animal, rechazo de alimentos, o para ayudar en la realización de un proceso (Linares, 2015). Se clasifican en:

- **Antioxidantes:** Son de particular importancia en materias primas ricas en grasa para evitar el enranciamiento y la consiguiente disminución del consumo voluntario de pienso. Pueden ser naturales como la vitamina C, E y polifenoles o sintéticos como el etoxiquín o el BHT.
- **Antiapelmazantes:** Son las arcillas. La que más se utiliza, por disponibilidad y precio, es la sepiolita. En general, tienen varias funciones:

- Actúan como fluidificantes mejorando la granulación.
- En monogástricos absorben agua aumentando la consistencia de las heces y disminuyendo el porcentaje de diarreas. Asimismo, disminuyen el porcentaje de huevos sucios.
- **Conservantes:** Sustancias o, en su caso, los microorganismos que protegen los alimentos para la alimentación animal contra el daño causado por microorganismos o sus metabolitos.
- **Antiaglomerantes:** Sustancias que disminuyen la tendencia de las partículas de alimentos individuales al adherirse entre sí.
- **Estabilizantes:** Sustancias que mantienen el estado fisicoquímico de los alimentos.
- **Espesantes:** Sustancias que incrementan la viscosidad de los productos.
- **Gelificantes:** Sustancias que dan textura a un alimento.
- **Ligantes:** Sustancias que aumentan la tendencia a adherirse de las partículas de productos.
- **Emulgentes:** Sustancias que posibilitan la formación o el mantenimiento de una mezcla homogénea.
- **Aditivos para ensilaje:** Sustancias, incluidas microorganismos o enzimas con el fin de aumentar la producción de ensilaje.
- **Desnaturalizantes:** Sustancias que, cuando se utilizan en la fabricación de alimentos para animales transformados, permiten reconocer el origen del producto o las materias primas para los mismos.
- **Reguladores de la acidez:** Sustancias que regulan la acidez o alcalinidad de los alimentos, pueden ser ácidos orgánicos o minerales:
- **Ácidos orgánicos:** los acidificantes son un aditivo de elección en piensos sin antibióticos y, de hecho, su uso es muy frecuente en Estados Unidos y en la Unión Europea. El modo de acción de los ácidos orgánicos se centra en 3 áreas:
 1. Efecto antimicrobiano en el pienso: los ácidos orgánicos son bactericidas y bacteriostáticos. Cada vez se utilizan más porque su inclusión en el pienso limita el crecimiento de bacterias (*E. Coli* y *Salmonella*), hongos y levaduras que reducen el valor nutricional, producen sustancias tóxicas para el animal y crean problemas entéricos (Eckel *et al.*, 1992).

2. Efecto antimicrobiano en el tracto digestivo: la inclusión de ácidos orgánicos en la dieta mejora el crecimiento (Eckel *et al.*, 1992) y disminuye la incidencia de diarreas ya que actúan en el intestino delgado del animal controlando la flora microbiana de carácter patógeno tal como *E. coli* o *Enterococci* (Kirchgessner *et al.*, 1992) e inhibiendo su adherencia a los enterocitos (Gedek, 1993).
3. Valor energético: dado que los ácidos orgánicos son muy absorbibles es necesario dar un valor energético adecuado (Mateos y García, 1998). Estas moléculas además podrían influir positivamente sobre la eficacia de acción de otros aditivos que requieren un pH ácido tales como las fitasas y, probablemente, de otros como los extractos vegetales y los aceites esenciales.

Los ácidos pueden ser de naturaleza orgánica (acético, propiónico, butírico o fórmico) o inorgánica (fosfórico). Los ácidos orgánicos presentan inconvenientes como que disminuyen el consumo de pienso en caso de exceso y, además, son muy numerosos pero existe poca información científica. Los ácidos sobre los que existe más bibliografía y que se han mostrado más efectivos son el fórmico, el láctico y el propiónico. El ácido fórmico es más palatable y más activo que el butírico porque es una molécula más pequeña (cabén más moléculas/kg). Dada su mayor actividad se necesitan dosis inferiores. Sin embargo, su elevada actividad dificulta su manejo ya que produce corrosión en la maquinaria y, frecuentemente, es rechazado por el operario ya que al ser más volátil a temperaturas elevadas es irritante para la piel y las mucosas.

Los ácidos orgánicos son específicos para cada tipo de microorganismo. Por ejemplo, el ácido cítrico actúa contra bacterias Gram positivas como *Clostridium* mientras que el acético actúa contra bacterias Gram negativas como *Salmonella* o *E. Coli*. En el mercado existen numerosas preparaciones en base a estos y otros ácidos puros, a sus sales o en combinaciones. Generalmente se utilizan mezclas aunque los ácidos orgánicos son más efectivos que sus sales ya que contienen más principios activos.

Krause *et al.* (1994) encontraron una respuesta positiva al uso combinado de ácido fumárico y bicarbonato sódico. Este hecho podría indicar que el mecanismo de acción de los ácidos orgánicos en el organismo animal no depende tanto de su poder acidificante como de la acción de sus iones disociados una vez penetran la barrera celular.

La dosis utilizada es clave para maximizar los resultados. Dosis bajas pueden no ser suficientes para maximizar los efectos positivos pero dosis superiores a las recomendadas afectan negativamente al consumo al reducir la palatabilidad del pienso. El problema es más acusado en el caso del ácido fórmico (Pérez y García, 2021).

Aditivos organolépticos:

Los aditivos organolépticos son definidos como cualquier sustancia que, añadida a los piensos, mejora o modifica las propiedades organolépticas de éstos o las características visuales de los alimentos de origen animal. Ejemplos de estos son los pigmentantes, los aromas, los edulcorantes y los apetentes.

- **Pigmentantes:** Se utilizan, por preferencia del consumidor. Los pigmentantes se obtienen de las xantofilas que pueden ser rojas, amarillas y asalmonadas. Las xantofilas rojas se obtienen de fuentes naturales como el pimentón o el gluten o artificiales (cantaxantina). Las amarillas se obtienen de la alfalfa, el maíz o la flor de marigold o de manera artificial como el β -apo-éster. Las asalmonadas se obtienen del plancton o de fuentes sintéticas (Pérez y García, 2021).
- **Aromatizantes:** Van dirigidos al granjero más que al animal, ya que las papilas gustativas son diferentes a las del hombre.
- **Edulcorantes y apetentes:** Generalmente se usan mezclas de sacarosa, lactosa o glucosa y las grasas potencian su efecto. La sacarina da sabor dulce pero también metálico y la neohesperidina es natural pero es cara. Son más efectivos en piensos de iniciación (lechones y corderos) que en piensos de animales adultos (Pérez y García, 2021).

Aditivos nutricionales:

Los aditivos nutricionales son aquellos que aportan nutrientes a la ración. Ejemplos de ellos son las vitaminas, provitaminas y sustancias de efecto análogo, los oligoelementos, los aminoácidos, los análogos de los aminoácidos y sus sales, la urea y sus derivados.

- **Aminoácidos sintéticos:** Permiten obtener dietas equilibradas con menores niveles de proteína bruta disminuyendo la excreción de nitrógeno al medio ambiente. Los aminoácidos que existen sintéticos de manera comercial son lisina, metionina, treonina, triptófano, valina e isoleucina. Los aminoácidos pueden tener valor energético pero existe poca información al respecto y, además, se incluyen en la dieta a niveles de inclusión muy bajos.
- **Sales minerales:** Sulfato de cobre (CuSO_4) y óxido de zinc (ZnO). El CuSO_4 tiene propiedades antifúngicas y antibacterianas. El cobre (Cu) es un micromineral esencial cuyas necesidades se cubren con tan sólo 5-15 ppm. El CuSO_4 actúa como promotor de crecimiento en pollos, conejos y porcino a dosis de 250 ppm (Zhou *et al.*, 1994) ya que incrementa el consumo voluntario de pienso y mejora la eficacia alimenticia. Se sospecha que su efecto como promotor se debe a su acción antimicrobiana aunque algunos trabajos muestran su implicación en otros procesos fisiológicos e inmunológicos. La suplementación extra de este mineral en raciones con un alto nivel de grasa podría ser de especial interés ya que incrementa la utilización de la misma como consecuencia de un aumento de la actividad lipásica intestinal.

Algunos trabajos se han centrado en la búsqueda de fuentes alternativas al CuSO_4 con mayor biodisponibilidad tal como quelatos o complejos Cuaminoácido a fin de reducir la contaminación medioambiental. También se han probado con resultados dispares otros compuestos con mayor riqueza en Cu y menor solubilidad, tales como el cloruro de Cu tribásico ($\text{Cu}_2[\text{OH}]_3\text{Cl}$). En cualquier caso, el ZnO a 3.000 ppm se ha mostrado más eficaz que el CuSO_4 a 150 ppm en el control de diarreas inespecíficas y en la productividad.

El ZnO ha sido utilizado de forma tradicional como fuente de este mineral en dietas para aves. Sin embargo, se han estudiado diversas fuentes alternativas al ZnO como el sulfato (ZnSO_4) y diversos complejos orgánicos tales como el

proteinato o el aminoato de Zn ó Zn-polisacárido. Respecto a la biodisponibilidad, la mayoría de los datos parecen indicar que el ZnSO₄ es igual o superior a los complejos Zn-aminoácido(s) o Zn-proteinato y éstos, a su vez, mayor que el ZnO.

Aditivos zootécnicos:

Según EURFA (2018) clasifica a los aditivos zootécnicos atendiendo a su función en digestivos, estabilizadores de la biota intestinal y otros que son mejoradores de la eficacia, medicamentosos o antimicrobianos.

Los aditivos zootécnicos son los que mejoran la productividad de los animales sanos (además de los que reducen el impacto medioambiental de la ganadería); el Reglamento 1831/03 incluye en esta categoría a diferentes grupos funcionales:

- **Los digestivos:** Son preparaciones enzimáticas que mejoran la digestibilidad de algunos alimentos de los animales (o levaduras que mejoran la degradabilidad ruminal de los forrajes); estos aditivos no tienen período de retirada, pero algunos tienen límite máximo de inclusión.
- **Los estabilizadores de la biota intestinal:** Son microorganismos viables (o probióticos) que colonizan el intestino y reducen el desarrollo de enterobacterias; cada probiótico de una casa comercial se autoriza mediante Reglamento europeo para la alimentación de especies concretas.
- **Otros aditivos zootécnicos:** Otros aditivos autorizados en la alimentación de los animales son los mejoradores de parámetros de eficacia y los aditivos medicamentosos o antimicrobianos (coccidiostáticos e histomonóstatos) que evitan enfermedades infecciosas causadas por protozoos.

1.5.3 Tipos de aditivos zootécnicos utilizados en la alimentación animal

- **Prebióticos:** Los prebióticos son en su gran mayoría polisacáridos, dentro de los que se incluyen, fructo-oligosacáridos (FOS), galacto-oligosacáridos (GOS), inulina, lactulosa, gluco-oligosacáridos, lactitol, malto-oligosacáridos, xilo-oligosacáridos, estaquiosa y rafinosa (Revolledo, 2013 y Pérez *et al.*, 2016).

Por su estructura química, estos compuestos resisten la acción de las enzimas excretadas a nivel del tracto por el animal y llegan intactos hasta la parte distal del intestino delgado, el intestino grueso y ciego, donde pueden constituir un sustrato selectivo para la *microbiota* allí presente (Le *et al.*, 2015).

- **Probióticos:** Según la FAO (2012) un probiótico es un “microorganismo vivo que al aplicarse en la cantidad adecuada, le genera un efecto benéfico al huésped”. Estos biopreparados se emplean en las producciones pecuarias, debido a que estos mejoran el bienestar y la salud de los animales, además se elaboran acorde a las normas legales y las exigencias de los productos fermentados como alimentos funcionales bioseguros para el consumidor final (Barba, 2019). Los microorganismos con capacidad probiótica no solo permanecen adheridos en la mucosa intestinal, sino que incluso se mantienen vivos cuando son expulsados y forman parte del contenido de las heces (Ciro y López, 2016).

Los probióticos pueden ser bacterias lácticas o no lácticas, levaduras y hongos. Algunos de los más utilizados son *Bacillus toyoi*, *Bacillus cereus*, *Lactobacillus acidophylus*, *Streptococcus faecium* o *Saccharomyces cerevisiae* (Pérez y García, 2021).

- **Simbióticos:** El término simbiótico se usa cuando un producto contiene probióticos y prebióticos. Estos biopreparados, al suministrarse directamente a los animales, mejoran su metabolismo, salud y producción (Adil y Magray, 2012).

Según criterios de Mousavi *et al.* (2015), los simbióticos constituyen la mejor estrategia para la integración de probióticos en el ecosistema ya que las sustancias prebióticas no se utilizan por el hospedero y solo sirven de alimento a los microorganismos beneficios.

- **Enzimas:** Según EURFA (2018) las enzimas se consideran aditivos zootécnicos activadores de la digestibilidad o bien mejoradores medio ambientales. Estas enzimas tienen la capacidad de hidrolizar los polisacáridos no almidón presentes en los cereales, tales como β -glucanasas, xilanasas, arabinoxilanasas, celulasas, etc. En el caso de las fitasas, enzimas con capacidad para hidrolizar el fósforo fítico presente en los cereales, se pueden ubicar en ambos grupos.

- **Antibióticos:** En producción animal, los antibióticos se utilizaron como promotores del crecimiento, preventivos y terapéuticos. Sin embargo, el consumo de estas sustancias por los animales ocasiona la aparición de residuos en el alimento, lo que puede provocar alergias en el consumidor, efectos tóxicos o bien asociarse a resistencias bacterianas en microorganismos patógenos (Chávez, 2015; González, 2019). Por estas razones desde el año 2006 la Unión Europea prohibió la utilización de estos productos como aditivos zootécnicos en la alimentación animal (*European Parliament and Council*, 2003).

1.6 Aditivo zootécnico VITAFERT

En Cuba, investigadores del Instituto de Ciencia Animal (ICA) desarrollaron un producto biológicamente activo compuesto por BAL, levaduras, ácidos orgánicos de cadena corta y pH bajo, capaz de controlar el desarrollo de *E. coli*, reducir la incidencia de diarreas en los animales, aumentar la ganancia de peso vivo e incrementar la retención de energía y nitrógeno. A este aditivo se le denominó VITAFERT (Elías y Herrera, 2008).

El nombre VITAFERT se propone VITA por la presencia de vitaminas en el preparado las cuales son vitales para la vida y FERT porque en la preparación se utilizan fertilizantes tales como: urea y sulfato de magnesio.

El aditivo VITAFERT se obtuvo en el laboratorio de producción de alimentos del Departamento de Fisiología y Bioquímica del ICA. Es el resultado de un proceso biotecnológico sencillo, que tuvo lugar en fermentadores a escala de laboratorio de 50 y 250 L de capacidad, con recirculación o agitación central, respectivamente. Las especificidades del proceso están protegidas por la oficina central de la propiedad intelectual (O.C.P.I), con número de registro 81/2011.

El aditivo VITAFERT se considera dentro de los aditivos zootécnicos como un estabilizador de la biota intestinal.

1.6.1 Resultados de la aplicación del aditivo zotécnico VITAFERT en la producción animal

Hace varios años se trabaja en la obtención y evaluación del aditivo zotécnico VITAFERT en sus diferentes variantes y formulaciones. Este preparado microbiano se aplicó en la alimentación de especies de interés económico, donde se obtuvieron buenos resultados productivos.

González (2009) refirió que la utilización de VITAFERT en reproductoras porcinas mostró menor pérdida de peso ($P < 0,001$). Esto implicó un peso vivo (PV) superior al final de la etapa de lactación. En la categoría de cría, esta autora reportó el aumento de la ganancia media diaria y total acumulada hasta el destete ($P < 0,001$), la reducción de la incidencia de diarreas, tanto infecciosas como digestivas, a medida que se incrementaban los niveles de VITAFERT en el concentrado (0; 5; 10 y 15 mL.kg⁻¹ de PV). Otros trabajos en la propia especie porcina, en las categorías de cría, preceba y ceba, muestran similares resultados en cuanto a ganancia y conversión (González, 2009; Roján, 2009 y Beruvides 2009, 2013).

Calderón (2005) utilizó el preparado microbiano VITAFERT al 10% para mejorar las condiciones sanitarias de las camas avícolas, donde se lograron mejoras en los indicadores productivos y de salud de las aves que se criaron sobre ellas. Estas camas se utilizaron en la alimentación de ovinos Pelibuey en pastoreo, a razón de 12, 20 y 24 g.kg⁻¹ de PV más 6 g.kg⁻¹ de PV de miel final de caña de azúcar (para garantizar los requerimientos energéticos). Esta mezcla mejoró su composición bromatológica, la digestibilidad de la MO y de la MS. La dosis de 20 g.kg⁻¹ de PV, fue la que produjo mayores rendimientos en los ovinos en crecimiento y ceba.

Vilatuña (2014) incluyó este aditivo en la alimentación de cerdos en crecimiento-ceba con niveles de inclusión de 5, 10, 15 mL.kg⁻¹ de PV y obtuvo mejoras en el comportamiento productivo y la salud. En la mayoría de los trabajos de investigación donde se aplicó VITAFERT, se obtuvieron mejoras en los indicadores evaluados en los animales que lo consumieron. Esto da la

medida de que los microorganismos presentes en el biopreparado y sus metabolitos son capaces de favorecer la absorción de nutrientes y el estado inmunológico de los cerdos.

Una vez analizadas las variantes del aditivo zootécnico VITAFERT utilizadas en las diferentes especies, se hizo necesario la obtención y caracterización química y microbiológica de este a pequeña escala en condiciones de producción (con la sustitución de la fuente energética miel final por azúcar crudo).

Las variantes del aditivo zootécnico VITAFERT que se emplearon por otros autores se elaboraron en fermentadores a escala de laboratorio y en condiciones de producción donde se utilizaba la miel final de caña de azúcar como fuente energética, la cual en ocasiones se limitaba su disponibilidad. De ahí que surge la necesidad de obtener este aditivo en condiciones de producción a pequeña escala, con la utilización de azúcar crudo en su composición, para que esta formulación estuviera al alcance de los medianos y pequeños productores.

Conclusiones Parciales:

- La producción porcina por su elevada intensidad productiva está sometida a constantes situaciones de estrés y los alimentos utilizados en esta crianza crean desbalances en la microbiota intestinal.
- Es de vital importancia la introducción de aditivo zootécnico en la alimentación porcina.
- La introducción de aditivos en la producción animal mejora la eficiencia productiva y económica de las unidades pecuarias.

Capítulo 2 Materiales y métodos

En el presente capítulo se planteó la metodología aplicada para el preparado microbiano, las técnicas para la caracterización química y microbiológica del VITAFERT, así como la determinación de pH y conteo de bacterias ácido lácticas y levaduras. Además, se planteó la metodología para el conteo de microorganismos contaminantes y para el análisis estadístico.

2.1. Metodología aplicada para el preparado microbiano VITAFERT

Obtención del inóculo

El inóculo se obtuvo a partir de yogurt natural producido en la Empresa Combinado de la Industria Láctea (ECIL) de Matanzas, Cuba. Este se elaboró con cepas procedentes de la colección del Instituto de Investigaciones de la Industria de los Alimentos (IIIA): *Streptococcus salivarius* subespecie *thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*. El cultivo se encontraba a una concentración de 10^7 UFC.mL⁻¹, lo que se corresponde con los valores normales para la producción de yogurt natural. El inóculo se conservó a 4°C hasta su utilización.

Para esta investigación se elaboraron cinco lotes, preparados en tanques plásticos de 20 L al mismo tiempo, en los que se pesaron y se mezclaron todos los componentes con la sustitución de la miel final como fuente de carbono por azúcar crudo más la adición del inóculo (yogurt natural). El biopreparado se mantuvo durante 96 h en fermentación a temperatura ambiente (24°C) y se activó cada 12 h, mediante agitación con una paleta de madera. La formulación del mismo se presenta en la tabla 3 y también se aprecian los aportes energéticos y proteicos de las materias primas empleadas.

Para la obtención del preparado microbiano se siguió la metodología propuesta por Elías y Herrera (2008) modificado por Beruvides *et al.* (2018).

- Se mezclan todos los ingredientes en un tanque plástico de 220 litros y se agita con una paleta de madera o plástica, cada 12 horas para activar el proceso de fermentación.

- El tanque debe permanecer tapado y solo destapar a la hora de la agitación. Este proceso debe mantenerse de 72 a 96 horas hasta que el preparado microbiano alcance un pH alrededor de 4, para poder ser aplicado a los animales.
- La dosis recomendada es de 15 mL por kg de peso vivo.

Tabla 4. Formulación del aditivo zootécnico VITAFERT obtenido en condiciones de producción a pequeña escala.

Composición	Niveles de inclusión (kg)	Aportes	
		Energético (MJ.kg ⁻¹)	Proteico (%)
Inóculo (yogurt natural)**	1	3,014	0,3
Harina de maíz*	4	0,040	0,85
Harina de soya*	4	0,039	0,83
Urea***	0,5	-	281
Sulfato de amonio*	0,25	-	21
Sal mineral*	0,5	-	-
Azúcar crudo*	15	0,041	-
Agua	100L	-	-

Fuente: NRC (2012)*, IIIA**, De Blos *et al.*, (2007)***

2.2 Caracterización química y microbiológica del VITAFERT

Para la caracterización química del producto VITAFERT se utilizó la metodología descrita por AOAC (2010). Se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), calcio (Ca), fósforo (P) y proteína bruta (PB). Se presentan algunas de las técnicas empleadas por la autora:

Procedimiento para el análisis del contenido de cenizas:

Según Estévez (2015) se secan los crisoles o cápsulas en estufa a 105 °C durante 4 horas y se colocan en desecadora hasta que alcancen la temperatura ambiente. Se pesan 3 crisoles o cápsulas por cada muestra y se anotan sus

pesos (Pc). Una vez pesados los crisoles se procede a pesar alrededor de 2 g del material a utilizar o entre 2 y 5 ml si la muestra es líquida (Pch).

Se introducen en la estufa regulando la temperatura a 105 °C durante 24 horas. Se colocan en desecadora hasta que alcancen la temperatura ambiente y luego se pesan (Pcs). Posteriormente se introducen en una mufla los crisoles o cápsulas y se incineran a temperatura entre 450 y 500 °C durante 6 horas. Se enfrían en desecadora y se pesan (Pcc).

Cálculos

Se expresan en % en peso (p/p) o en % en volumen (p/v)

% cenizas = peso cenizas / peso seco

Donde:

Peso seco = Psc - Pc

Peso cenizas = Pcc – Pc

Procedimiento para el análisis del contenido de fósforo.

De las muestras digeridas (enrasadas y filtradas) se tomarán alícuotas por duplicado desde 0,1 a 5 mL (dependiendo del tanto por ciento del fósforo contenido en las muestras) se transfieren a volumétricos de 25 o 50 ml, se preparará un blanco, a cada muestra y al blanco se le añaden en el mismo orden y cantidad los reactivos como en el caso del procedimiento de la curva de calibración, luego se enrasa y dejar en reposo 10 min.

Cálculo y expresión de los resultados:

$P_2O_5 / 2(P) = 2(31)+5(16)/2(31) = 2,3$ (Factor gravimétrico para expresar el fósforo como P_2O_5).

Para el cálculo del contenido de fósforo se emplea la siguiente expresión:

% de $P_2O_5 = [(DO \pm n)/m] \times Dil \times 2.3 \times 100 / Pm \times vol.$

Donde:

DO: Densidad óptica a 425 nm.

n: Intercepto en la curva patrón.

m: Pendiente de la curva patrón.

Dil: Factor de dilución de la muestra.

vol: Volumen de muestra para el análisis.

Pm: Peso de muestra.

Procedimiento para el análisis del contenido de materia seca

Se ponen en la estufa las cápsulas (105°C) que vamos a utilizar 2h como mínimo, luego se colocan en una desecadora hasta alcanzar temperatura ambiente (~ 20 min.) se taran en una balanza analítica (A) y se anota este peso. Se pesan de 2 a 3 g, se anota el peso húmedo (B) y se colocan en una estufa a 105°C durante tiempo de 24 h, pasado ese tiempo se colocan en un desecadora para enfriar durante 2 h y se pesan nuevamente, esto corresponde al peso seco (C).

Cálculos:

$$\% \text{ MSG} = C/B * 100$$

Donde:

A= Tara de la cápsula.

B= Peso húmedo.

C = Peso seco – A (tara de la cápsula).

Procedimiento para el análisis del contenido de proteína bruta

Se realiza la digestión en los tubos de 100 ml o balones, se añade el catalizador, la muestra y el H₂SO₄, cuando esté digerida se enrasa en los

Evaluación de la estabilidad en el tiempo del aditivo zootécnico Vitafer

volumétricos aforados según la concentración de la muestra, se filtra sobre papel de filtro libre de N₂.

Se añade 5 ml de ácido bórico y 4 gotas del indicador del N₂ se coloca en el destilador.

Se añade la muestra en el ebullostato.

Se añaden 10 ml de NaOH al 50% y se lava el embudo con agua destilada.

Cerrar las llaves teniendo abierta la del agua de enfriamiento de los condensadores y la del gas.

Encendemos la fuente de calor hasta recoger aproximadamente 50 ml del destilado.

Se titula con el HCl al 0.02N hasta cambio de color (de verde a violeta) y se corre un blanco sin muestra para corregir los valores de la titulación.

Cálculos:

$$N_2 = \frac{(M - b)}{1000} * 0.28 * d$$

Si la muestra es líquida:

Donde:

M = ml de HCl consumidos.

b = Blanco.

d = Dilución.

Si la muestra es sólida:

$$N_2 = \frac{(M - b)}{1000 * \text{peso de la muestra}} * 0.28 * d * 100$$

N₂: Este es el valor del nitrógeno en base húmeda (%N_T B.H).

Determinación de proteína bruta

$$\% \text{ P. bruta} = \% \text{N}_{\text{T B. S}} * 6.25$$

Donde:

$\% \text{N}_{\text{T B. S}}$: Nitrógeno total en base seca

$$\% \text{N}_{\text{T B. S}} = \% \text{N}_{\text{T B. H}} * 100 / \% \text{MSG}$$

6.25=Factor de corrección al transformarse el N_{T} en proteína, es decir:

100 g de proteína equivalen a 16 g de N_{T}

Procedimiento para el análisis del contenido de calcio

Preparar 2 alícuotas en matraces Erlenmeyer. Al primer matraz agregar 5 mL de solución de trietanolamina, seguidos por 4 mL de solución de hidróxido de potasio. Agregar 0,2 g de indicador HHSNNA y valorar frente a la solución de EDTA hasta que el color cambie de rojo a azul. Por medio de la bureta, transferir al segundo matraz Erlenmeyer un volumen de solución de EDTA 1 mL inferior a la cantidad requerida para alcanzar el punto final en la valoración anterior. Agregar 5 mL de solución de trietanolamina, 4 mL de solución de hidróxido de potasio y por último 0,2 g de indicador HHSNNA. Completar la valoración con solución de EDTA de forma similar a 10 realizado con la primera muestra (ICUMSA, 1994).

2.3 Determinación de pH y conteo de bacterias ácido lácticas y levaduras

Para determinar el comportamiento del pH y la presencia de estos microorganismos durante la elaboración de este aditivo zootécnico se realizaron mediciones cada 4 h en todos los lotes hasta las 96 h en los cinco lotes estudiados.

Para efectuar el conteo de las bacterias ácido lácticas (BAL) y las levaduras se realizaron diluciones seriadas de las muestras (1:10, v/v) en agua de peptona

hasta 10^{-11} . De estas diluciones, se utilizaron para las BAL, en las primeras 12 h 10^{-7} , 10^{-8} y 10^{-9} .

En horas posteriores 10^{-9} , 10^{-10} y 10^{-11} para sembrarlas a profundidad en placas con agar MRS (De Mann *et al.*, 1960) (BIOCEN, Cuba). Para las levaduras se tomaron las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} en las primeras 12 h y posteriormente se emplearon las diluciones 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} . Cada una de estas se repitió tres veces (1 mL) en agar rosa de bengala (rosa de bengala 0,05% y cloranfenicol 0,5%) (HISPANLAB, España). Después de incubar a 37 °C (durante 72 h para BAL y 48 h para levaduras) se realizó el conteo microbiano. El número de UFC se determinó bajo lupa por conteo visual de colonias.

2.4 Conteo de microorganismos contaminantes

El conteo se realizó de acuerdo a las normas vigentes, descritas para los estudios de la calidad microbiológica de los alimentos de consumo humano y animal NC-ISO tabla 5. Para ello se realizaron diluciones seriadas de las muestras (NC ISO 6887-1: 2002) y se ejecutaron las técnicas de determinación de los diferentes grupos de microorganismos.

Tabla 5. Pruebas microbiológicas para la determinación de microorganismos contaminantes en el aditivo zootécnico VITAFERT.

Pruebas microbiológicas	Referencias NC- ISO
Conteo de coliformes fecales y totales	4832: 2010
Conteo de <i>Bacillus cereus</i>	4833-1: 2014
Conteo de <i>Salmonella</i> en 25 mL	6579: 2008

Para el estudio de la estabilidad del VITAFERT a temperatura ambiente ($24 \pm 5^{\circ}\text{C}$) por 90 días, se desarrolló un experimento con diseño completamente aleatorizado. Este se realizó en el laboratorio de Microbiología de la Planta de Conservas y Alimentos “Libertad” del municipio de Colón, provincia Matanzas, Cuba. Para ello se prepararon 20 L del aditivo zootécnico, según la metodología descrita anteriormente que se distribuyeron en recipientes plásticos de 1 L de capacidad y se mantuvieron bajo techo. Durante los días 1,

3, 7, 15, 30, 60 y 90 se tomaron tres muestras para su análisis. La estabilidad de este producto biológico se determinó a partir del análisis de pH y el conteo de BAL y levaduras viables.

2.5 Análisis estadístico

- Para la caracterización química y microbiológica del VITAFERT se utilizaron los estadígrafos de dispersión: media, desviación estándar y coeficiente de variación.
- Los valores de pH, concentraciones de BAL y levaduras se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple y la dócima de Duncan (1955) para $P < 0,05$. Los datos se procesaron en el paquete estadístico INFOSTAT Versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

El paquete estadístico INFOSTAT cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadística descriptiva y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Una de sus fortalezas es la sencillez de su interfaz combinada con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos. La versión en español es muy valorada por los usuarios, especialmente por los estudiantes.

Capítulo 3 Resultados y discusión

En el Capítulo 3 se expresan los resultados obtenidos de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT, así como del análisis estadístico. Además, se realizó una valoración económica de los beneficios de incluir este preparado microbiano en la alimentación porcina.

3.1 Resultados de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT

Para la caracterización se tomaron tres muestras de cada lote producido de VITAFERT para determinar el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), calcio (Ca), fósforo (P) y proteína bruta (PB).

En las tablas 6 y 7 se observan los resultados de la caracterización química y microbiológica del VITAFERT. Los valores de la composición química están en correspondencia con las determinaciones reportadas por Elías y Herrera (2008), a excepción de la materia seca que presentó valores en el orden de 9,72%, mientras que estos autores obtuvieron valores de 15,05%. Estos resultados se relacionan por la sustitución de la miel de caña de azúcar por azúcar crudo.

Tabla 6. Composición química del aditivo zootécnico VITAFERT.

Estadígrafos	Media	DS	CV
Indicadores (%)			
Materia seca	9,72	0,05	0,46
Cenizas	10,52	0,08	0,80
Calcio	1,33	0,01	0,41
Fósforo	0,65	0,01	2,01
Proteína bruta	7,12	0,02	0,26
pH	3,95	0,05	1,29

Los resultados son el promedio de tres determinaciones, DE- Desviación estándar; CV- Coeficiente de variación (%).

Tabla 7. Composición microbiológica del aditivo zotécnico VITAFERT finalizada la fermentación a las 96 horas. **Conteo de microorganismos (UFC mL⁻¹)**

Estadígrafos	Media	DS	CV
Indicadores			
BAL	4,19x10 ¹²	0,3220	0,45
Coliformes fecales y totales	Negativo	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	Negativo	-	-
Levaduras viables	8,39 x10 ⁷	0,8321	1,20
<i>Salmonella</i> en 25mL	Negativo	-	-

Los valores de la composición química están en correspondencia con las determinaciones reportadas por Elías y Herrera (2008), a excepción de la materia seca que presentó valores en el orden de 9,72%, mientras que estos autores obtuvieron valores de 15,05%. Estos resultados se relacionan por la sustitución de la miel de caña de azúcar por azúcar crudo.

Los resultados de los indicadores MS y calcio oscilan en los rangos determinados por Gutiérrez *et al.* (2012) en caracterizaciones previas al mismo producto con miel final como fuente energética. De igual manera, Beruvides (2013) elaboró en condiciones de producción el aditivo zotécnico VITAFERT, formulado con la fuente energética miel final y lo caracterizó químicamente desde la hora 0 hasta las 96 horas y obtuvo valores similares a los reportados para la MS, PB y pH observados en el presente trabajo.

Se confirma que la metodología empleada para la obtención de este biopreparado en condiciones de producción a pequeña escala, no provoca variaciones considerables en la composición química de este preparado microbiano, con respecto al que se obtuvo en fermentadores a escala de

laboratorio. Los datos indican que existe repetibilidad en los resultados que se obtuvieron, lo cual significa que cuando se emplean estos componentes y en las mismas condiciones, no se producen modificaciones en estos parámetros.

El pH obtenido en esta investigación (3,9-4,0) se mantuvo dentro de los rangos establecidos para productos biológicos de esta categoría (Elías y Herrera, 2008; Roján, 2009). Caicedo y Valle (2017) definieron que estos valores de pH permiten la estabilidad en el tiempo y la conservación de estos productos biológicos, por tanto, este aditivo zootécnico se puede considerar con una calidad aceptable para utilizarse en la alimentación animal. Además estos niveles de acidez disminuyen la presencia de microorganismos patógenos y otros contaminantes (Milián *et al.*, 2017; Vega *et al.*, 2013; Vélez *et al.*, 2015;).

Flores-Manchero *et al.* (2015) caracterizaron el pH de un producto biológico para cerdos en la etapa de preceba y crecimiento-ceba, formulado con suero de leche fresca, urea y melaza de caña de azúcar. Estos autores informaron un valor de pH de 3,87; similar al obtenido en la presente investigación lo que pudiera relacionarse con la presencia de una población considerable de BAL, las cuales producen ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico y butírico) que disminuyen el pH (Belkacem-hanfi *et al.*, 2014). Estudios realizados por Caicedo y Valle (2017) mostraron un comportamiento similar a los obtenidos en el presente trabajo para la expresión del indicador pH cuando elaboraron un biopreparado microbiano para cerdos, el que contenía yogurt natural, suero de leche, miel B y tubérculos de papa china.

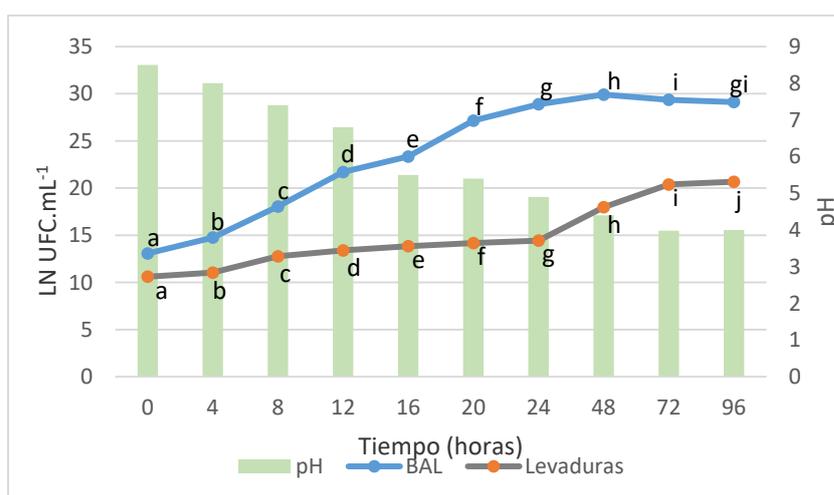
El análisis microbiológico no mostró microorganismos contaminantes en las muestras de VITAFERT tabla 6. Estos resultados pueden estar dados por la presencia de concentraciones altas de ácidos orgánicos (fundamentalmente láctico y acético) o bacteriocinas, aportados por las BAL (superiores a 10^9 UFC.mL⁻¹), que permiten mantener libre de contaminantes a dicho producto, lo que hace viable su utilización en los animales.

Elías y Herrera (2008); Gutiérrez *et al.* (2012) y Beruvides (2013) caracterizaron desde el punto de vista microbiológico una de las variantes de VITAFERT que

contenía como fuente energética miel final y obtuvieron valores para *Lactobacillus* spp. En los rangos de 10^9 y 10^{10} UFC.mL⁻¹ y para las levaduras entre 10^6 y 10^7 UFC.mL⁻¹. En el presente trabajo se cuantificaron valores superiores para las BAL, esto pudiera tener relación por la sustitución de la miel final por azúcar crudo o por la población inicial que presentaba el inóculo (yogurt natural).

3.2 Resultado del análisis estadístico

En la figura 2 se presentan los resultados del conteo de BAL y levaduras en el tiempo. Se comprobó que durante el proceso de fermentación, las BAL crecen hasta valores de 29 logaritmo neperiano (LN) UFC.mL⁻¹ y las levaduras en el orden de 20 LN UFC.mL⁻¹.



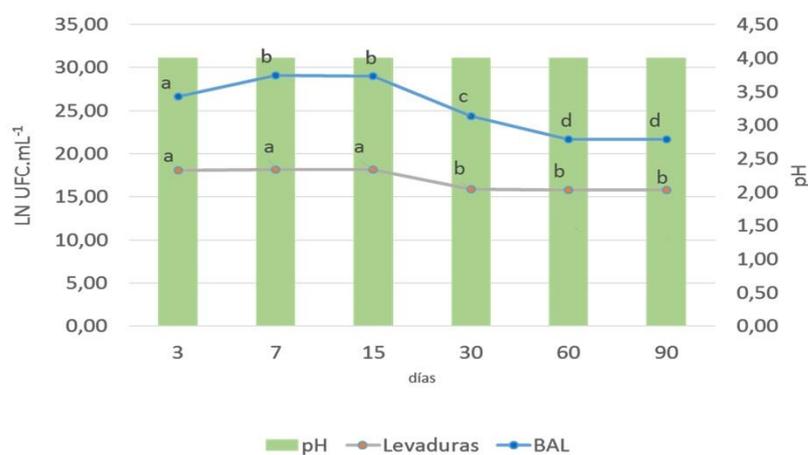
a,b,c,d,e,f,g,h,i,j Medias con letras diferentes difieren para $P < 0,05$ (Duncan, 1955) (BAL: $EE = \pm 0,10$, $P = 0,0262$; levaduras: $EE = \pm 0,03$, $P = 0,0348$; pH: $\pm 0,01$, $P = 0,0654$).

Figura 2. Cinética de crecimiento de las bacterias ácido lácticas, de las levaduras y comportamiento del pH durante el proceso fermentativo del aditivo zootécnico VITAFERT.

El pH disminuyó de 8,5 a 4,0 desde el inicio de la fermentación hasta los 96 h. A través del estudio de la cinética de crecimiento de las BAL y las levaduras en el proceso de fermentación a pequeña escala se comprobó que a medida que

disminuye el pH aumenta progresivamente el crecimiento de ambos grupos microbianos. Esto confirma lo informado por León (2012), que estos microorganismos pueden crecer en un amplio rango de pH (entre 4-7), a diferencia de otros grupos microbianos como coliformes, *Salmonella* spp y *Bacillus* spp, que en condiciones de acidez inhiben su crecimiento (Pavlović *et al.*, 2016). Estos valores de pH y concentración microbiana se encuentran en los rangos óptimos para la aplicación de este producto en la alimentación de cerdos.

En la figura 3 se presentan los valores de pH y conteos de BAL y levaduras de los diferentes lotes de VITAFERT. Estas determinaciones se encuentran en los rangos establecidos por Elías y Herrera (2008) y Beruvides (2013).



a,b,c,d Medias con letras diferentes difieren para $P < 0,05$ (Duncan, 1955) (BAL: $EE \pm 0,07$ $P = 0,04568$; Levaduras: $EE \pm 0,05$, $P = 0,0152$; pH: $EE \pm 0,02$, $P = 0,5670$).

Figura 3. Comportamiento de la estabilidad de los indicadores microbiológicos y químicos en el aditivo zootécnico VITAFERT en condiciones de producción a pequeña escala durante 90 días.

En la figura se aprecia que las levaduras a partir de los tres y hasta los 15 días mantuvieron valores de 10^7 UFC.mL⁻¹, posteriormente se produjo la disminución de las células viables (10^6 UFC.mL⁻¹) desde los 30 días,

manteniéndose en este orden hasta el final del estudio. Las BAL aumentaron gradualmente durante los primeros 15 días hasta 10^{12} UFC.mL⁻¹, seguido de un decrecimiento hasta 10^9 UFC.mL⁻¹ a los 90 días. El pH por su parte mostró un valor de 4,0 a partir de las 72 horas, manteniéndose su estabilidad hasta los 90 días. Este resultado se pudiera asociar a la producción de ácidos orgánicos (láctico, acético, propiónico y butírico) por las BAL (Vázquez *et al.*, 2009).

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Brizuela (2003), quien evaluó algunos parámetros de estabilidad de un biopreparado con cepas de *Lactobacillus rhamnosus* con fines probióticos para cerdos. Estudios similares realizó Rondón (2009) cuando determinó la estabilidad de dos biopreparados de *Lactobacillus salivarius* subespecie *salivarius* C-7 y C-65. Esta autora comprobó que a partir de los 30 días se afecta la viabilidad de las BAL, debido a que en estas condiciones las células continúan su metabolismo y se agotan los nutrientes esenciales para su desarrollo.

Ramírez *et al.* (2011) y Powthong y Suntornthiticharoen (2015) refieren que la presencia de las BAL en los productos biológicos garantiza la seguridad y estabilidad para su uso en la alimentación animal. Estos microorganismos tienen diversas aplicaciones y una de las más importantes lo constituye la fermentación de alimentos, como leche, carnes y vegetales, para obtener productos como yogurt, quesos, encurtidos, embutidos y ensilajes. De esta forma se contribuye a la biopreservación y a la calidad de las características sensoriales de los alimentos.

Los microorganismos (BAL) cuando fermentan carbohidratos producen una mezcla de compuestos con acción antimicrobiana como: ácido láctico, ácido acético, ácido butírico, peróxido de hidrógeno, diacetilo y péptidos de bajo peso molecular llamados bacteriocinas, que inhiben la proliferación de otros grupos microbianos que no toleran la presencia de estos compuestos (Rodríguez *et al.*, 2013).

Caicedo y Valle (2017) refirieron que el pH es un indicador de gran importancia en los procesos fermentativos y su disminución es uno de los cambios más

sustanciales que se producen durante la elaboración del biopreparado. Según Adedeji *et al.* (2011) definieron que el pH se relaciona directamente con los procesos degradativos que ocurren durante la conservación. En este sentido, cuando un producto biológico alcanza valores de pH entre 3,8 y 4,2 se logra su estabilidad, esta condición hace que ocurra una restricción de la actividad de las enzimas proteolíticas y la supresión de enterobacterias y *Clostridium* (López *et al.*, 2013). Los resultados de esta investigación se encuentran en los índices de pH recomendados para este tipo de aditivo.

Según Rendón *et al.* (2015), los mecanismos de acción de los productos biológicos con valores de pH iguales o inferiores a 4, implican la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas, la producción de ácido láctico, la disminución de la permeabilidad intestinal cuando se producen diarreas, el aumento de la actividad de la lactasa y la estimulación de la inmunidad, de manera que la disminución del pH en el producto obtenido es indicador de la presencia de bacterias lácticas, como resultó en esta investigación.

3.3 Valoración económica

Se puede predecir el efecto de este producto en la alimentación porcina, teniendo en cuenta su composición química y microbiológica, la cual se encuentra formada por bacterias ácido lácticas, levaduras y ácidos orgánicos. Estos elementos son capaces de mejorar la absorción de nutrientes y por ende mejorar la productividad en esta especie. Además se logra un estado de eubiosis a nivel de tracto gastrointestinal que propicia un estado de salud favorable, que trae consigo una disminución de los trastornos gastrointestinales y de la mortalidad. En estudios realizados por Beruvides (2018) se ha probado que el empleo de estos aditivos zootécnicos, aumenta la productividad en las granjas porcinas hasta un 10 % y disminuyen las diarreas y la mortalidad en un 30 %.

Tomando en consideración que el peso de un cerdo a sacrificio es de 90 Kg.

Si en la unidad porcina en la que se evaluará el producto se toma como muestra un lote de 100 cerdos y se plantea que estos aditivos mejoran la

productividad en un 10% por encima del que no lo consume, se puede decir que:

- Un cerdo que no consume VITAFERT a los 6 meses alcanza 90 Kg.
- Un cerdo que consume VITAFERT a los 6 meses alcanza 100 Kg, 10 kg por encima.

Por lo tanto, en 100 cerdos 1000 Kg = 1 TM

1000 Kg * \$434.00 = \$ 434 000.00 por encima de ganancia con respecto al grupo control.

Conclusiones Parciales:

- El aditivo zootécnico VITAFERT posee características químicas y microbiológicas óptimas para ser empleado en la alimentación porcina.
- El estudio de estabilidad realizado sugiere que este preparado microbiano mantiene sus propiedades durante 90 días.
- El aditivo zootécnico VITAFERT posee un elevado contenido de BAL y levaduras que garantizan la seguridad y estabilidad para su uso en la alimentación animal.

CONCLUSIONES

La autora de la investigación concluye que:

- La caracterización química realizada demostró que este aditivo mantiene un pH bajo que posibilita su conservación en el tiempo y un porcentaje de proteína adicional a la de la dieta.
- La metodología empleada para la elaboración del aditivo zotécnico VITAFERT en condiciones de producción a pequeña escala, permitió obtener un producto biológico de calidad constituido por altos niveles de BAL y levaduras.
- Los niveles de microorganismos presentes en el preparado microbiano muestran estabilidad en su viabilidad hasta los 15 días, mientras que el pH permanece con valores de 4 por 90 días.
- El empleo del aditivo zotécnico VITEFERT, aumenta la productividad en las granjas porcinas hasta un 10 % y disminuyen las diarreas y la mortalidad en un 30 %.

RECOMENDACIONES

La autora de la investigación recomienda:

- La realización de un nuevo estudio de estabilidad hasta los 6 meses para saber si este aditivo se mantiene conservado y puede ser aplicado durante toda la crianza porcina.
- La evaluación de este aditivo zootécnico en las diferentes categorías porcinas.
- La determinación de la composición química en AGV para tener otros parámetros necesarios en la toma de decisiones de aplicar este aditivo en la producción porcina.
- El diseño de un biorreactor para producir elevadas cantidades de este aditivo y poder cumplir con la demanda nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Adedeji, L.O., Olapade- Ogunwole, F., Farayola, C. O. & Adejumo, I.O. (2011). Productivity effects of occupational hazards among poultry farmers and farm workers in Osogbo Local Government área of Osumn State. *Inter. J. Of .Poult. Sci.*10 (11): 876-870.
- Adil, S. & Magray, S. (2012). Impact and manipulation of gut microflora in poultry: A review. *J. Anim. Vet. Adv.* 11: 873-877.
- AOAC. (2010). *Official methods of analysis*.15th ed. AOAC, Washington, D. C p. 935-955.
- Barba, E. (2019). Estrategias nutricionales para fomentar la salud intestinal. Disponible: <https://www.3tres3.com/articulos/estrategias-nutricionales-para-fomentar-la-salud-intestinal_39993/> [Consultado: 5 de Marzo de 2019].
- Barlocco, N., Vadell, A., Monteverde, S. & Primo, P. (1999). Comportamiento productivo y mortalidad de lechones en el post destete a campo. *Rev. Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela.* p. 201-206.
- Belkacem-hanfi, N., Fhoula, I., Semmar, N., Guesmi, A., Perraud-Gaime, I., Ouzari. H., Boudabous, A. & Roussos S. (2014). Lactic acid bacteria against post-harvest moulds and ochratoxina isolated from stored wheat. *Biological Control.* 76, p. 52-59.
- Beruides, A. (2009). Efecto de un producto biológicamente activo (VITAFERT) en el comportamiento productivo y salud de la ceba porcina. Tesis presentada en opción al título de Máster en Producción Animal para la zona Tropical. ICA. La Habana. p. 51.
- Beruides, A. (2013). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de VITAFERT sobre el comportamiento productivo y de salud en la ceba porcina. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia. La Habana, Cuba. p. 86.

- Beruvides, A., Elías, A., Valiño, Elaine. C., Milián G, Rodríguez, M. & González, R. (2018). Comportamiento productivo y de salud en lechones lactantes suplementadas con azúcar fermentado con yogurt. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30, Article #72. Retrieved April 2, 2018.< <http://www.lrrd.org/lrrd30/4/agust30072.html>>.
- Brea, O. (2015). Obtención de un alimento energético-proteico a partir de la fermentación en estado sólido de la harina del fruto del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) y su empleo en dietas para conejos y cerdos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. p. 72.
- Brizuela, M.A. (2003). Selección de cepas de bacterias ácido lácticas para la obtención de un preparado con propiedades probióticas y su evaluación en cerdos. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. p. 59.
- Caicedo, W & Valle, S. (2017). Alimento funcional: capítulo 8: Fermentación de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L) Scott). Un alimento funcional para porcinos en la región Amazónica. Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-639-53478-8; p. 184-200.
- Caicedo, W. (2015). Valoración nutritiva del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. p. 43.
- Calderón, J. (2005). Procesos biotecnológicos en residuales avícolas y sus efectos sobre el valor nutritivo y el comportamiento animal. Tesis en Opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias, ICA, La Habana, Cuba. p. 58.
- Campabadal, C. & Navarro, H. (1994). Manejo y alimentación del lechón pre y post destete. *Asociación Americana de Soya*. A.N. N°. 92. p. 21.

- Cesfac. (2008). Manual de aditivos. *Guía para la mejora del conocimiento de los aditivos destinados a la alimentación animal*. Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. Madrid, España.
- Chávez, L. (2015). Los probióticos en la nutrición porcina. Disponible: <http://agrovetermarket.com/resources/investigacion_y_desarrollo/articulos_tecnicos/uso-de-probioticos-en-nutricion-porcina-2111d07e2.pdf> [Consultado: 25 de octubre de 2016].
- Ciro JA, López HA, Parra SJE. (2016) The probiotic *Enterococcus faecium* modifies the intestinal morphometric parameters in weaning piglets. *Rev Facultad Nacional de Agronomía* 69. (1):1-10.
- De Blos, C., González, G. & García, P. (2007). FEDNA. Urea - Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. Madrid, España. Disponible: <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/urea-tablas-fedna-composicion-t27207.htm>> [Consultado: 25 de febrero de 2019].
- De Mann, J.C., Rogosa, M. & Sharpe, M.E. (1960). A medium for the cultivation of *lactobacilli*. *J. Bacteriol.* 23: 130-135.
- Di Rienzo, J.A, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M & Robledo C.W. InfoStat versión. (2012). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Díaz, T. & Valencia, P. (2014). Lineamientos para el fortalecimiento de la producción pecuaria familiar en América Latina y el Caribe. En FAO, *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile. p. 165-175.
- Diéguez, F. (2010). Situación actual y proyección de la Porcicultura Cubana. *Memorias Porcicultura Tropical 2010*. La Habana, Cuba. Soporte Electrónico. p. 7.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple ranges and multiple F test. *Biometrics* 11:1.

Easter, R.A. (1995). Growth, body composition and nutrition. En: Memorias Curso de Lance. San José, Costa Rica. p. 17.

Eckel, B., Kirchgessner, M. y Roth, F.X. (1992). Zum Einflub von Ameisensäure auf tägliche Zunahmen, Futteraufnahme, Futterverwertung und Verdaulichkeit. 1. Mitteilung Untersuchungen zur nutritiven Wirksamkeit von organischen Säuren in der Ferkelaufzucht. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 67, 93-100.

Elías, A. & Herrera, F. (2008). Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de microorganismos beneficiosos activados (MEBA). VITAFERT. p. 8-13.

Estévez, R. (2015). Curso Tecnología y producción de Alcohol.

EURFA. (2018). European Union Register of Feed Additives Reg (EC) No 1831/2003. Edition 4/2018 (264). Appendixes 3e, 4 03.08.20 18. European Union legislation on feed additives. Disponible: <<https://ec.europa.eu/food/safety/animal-feed/feed-additives>>. [Consultado: 20 de febrero de 2019].

European Parliament and Council. (2003). Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22nd September 2003 on additives for use in animal nutrition. Offic. J. Eur. Union. L268/36.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) & WHO (World Health Organization). (2012). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. Ontario, Canada. Disponible: <http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf> [Consultado: 12 de octubre de 2017].

FAO. (2014). Cerdos y producción animal. Producción y Sanidad Animal. Disponible: <<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/production.html>> [Consultado: 24 de octubre de 2017].

- Fariñas, M. E. & Pérez, A. (2008). Implementación del sistema de capacitación y extensión en pequeños y medianos productores. *III Seminario Internacional Porcicultura Tropical 2008*. La Habana.
- FEDNA. (2013). Necesidades nutricionales para ganado porcino. Normas FEDNA. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. 2da. Edición. Madrid. España. p. 114.
- Fernández-Martínez, C. (2005). *Aditivos zootécnicos. Alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento*. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, España.
- Flores-Mancheno, L.G., García-Hernández, Y., Proaño-Ortiz FB & Caicedo-Quinche, W.O. (2015). Evaluación de tres dosis de un preparado microbiano, obtenido en Ecuador, en la respuesta productiva y sanitaria de cerdos en posdestete. *Rev.Cien. Agri.* 12 (2): 59-70.
- Fuentes, A., Serrano, G., De Reguiro, C. & Valle, A. (1989). Efecto de la edad y raza sobre las características reproductivas de verracos púberes. *Zootecnia Tropical*. Vol. VIII (1 y 2): 119-135.
- García, C.A. & De Loera, O.Y. (2007). Nutrição do reprodutor suíno. *Suínos & Cria*. Revista Técnica de Suinocultura. Brasil. 22: 10-20.
- García-Contreras, A.C. (2010). Efecto de la fuente de Zinc en la morfometría testicular y epididimaria, así como su relación con la producción y calidad seminal del verraco. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, España. p. 75.
- Gedek, B. (1993). *Internal Report BASF*. A. G. Ludwigshalen. Alemania.
- González, D. (2009). Empleo de un producto biológicamente activo (VITAFERT) en las reproductoras y crías porcinas. Tesis presentada en opción al Título de Máster en Producción Animal para la Zona Tropical. ICA. La Habana. p. 53.

- González, K. (2019). Uso de promotores del crecimiento en cerdos. Disponible: <<https://laporcicultura.com/alimentacion-del-cerdo/promotores-del-crecimiento-en-cerdos/>> [Consultado: 5 de Marzo de 2019].
- GRUPOR. (2015). Boletín anual de indicadores productivos en la producción porcina en Cuba. MINAG.
- Gutiérrez, D., Elías, A., García, R., Herrera, F., Jordán, H. & Sarduy, L. (2012). Influencia de un aditivo microbiano en el consumo voluntario de materia seca, fibra neutro detergente e indicadores de la fermentación ruminal de cabras alimentadas con heno de *Brachiaria brizantha*. Cuban Journal of Agricultural Science 46 (2): 211–216.
- Hester, N.S., Comstock, S.S, Thorum, S.C., Monaco, H. M., Pence, D. B., Woods, J. A & Donovan, S.M. (2012). Intestinal and systemic immune development and response to vaccination are unaffected by dietary (1,3/1,6)- β -d-Glucan supplementation in neonatal piglets. Clin Vaccine Immunol. 19 (9): 1499.
- Hu, Y., Dun, Y., Li, Sh., Zhang, D., Peng, N., Zhao, Sh. & Liang, Y. 2014. Dietary Enterococcus faecalis LAB31 improves growth performance, reduces diarrhea, and increases fecal Lactobacillus number of weaned piglets. PLoS ONE. 10: 16.
- ICUMSA. (1994). Método GS-7-19. Determinación de calcio y magnesio en jugo de caña y jarabes por valoración con EDTA. P. 3.
- Kim, J., Kim, J., Kim, Y., Oh, S., Song, M., Hwan, J., Whang, K., Hyun, K. & Oh, S. (2018). Influences of quorum-quenching probiotic bacteria on the gut microbial community and immune function in weaning pigs. Animal Science Journal 89 (2): 412-422.
- Kirchgesner, M. y Windish, W. (1992). Zum Einfluß von mikrobieller Phytase auf zootecnische Leistungen und die Verdauungsquotienten von Phosphor, Calcium, Trockenmasse und Stickstoff bei abgestufter Ca-Versorgung in der Ferkelaufzucht. *Agrobiological Research* 48, 309-318.

- Kongsro J., Gangsei L. E., Karlsson-Drangsholt T. M., and Grindflek E. (2017) Genetic parameters of in vivo primal cuts and body composition (PigAtlas) in pigs measured by computed tomography (CT). *Transl. Anim. Sci.* 1:599–606. doi:10.2527/tas2017.0072.
- Krause, D.O., Harrison, P.C. y Easter, R.A. (1994). Characterization of the nutritional interactions between organic acids and inorganic bases in the pig and chick. *Journal of Animal Science* 72, 1257-1262.
- Lähteinen, T; Rinttilä, T; Koort, Joanna M.K. Ravi; Levonen, Kant Katri; Miia Jakava-Viljanen, Björkroth, Johanna; Palva, Airi. (2015). Effect of a multispecies lactobacillus formulation as a feeding supplement on the performance and immune function of piglets. *Livestock Science*, Volume 180.P. 164-171. ISSN 1871-1413, doi.org/10.1016/j.livsci.2015.07.016.
- Le, T.M. (2015). The effects of probiotic supplementation on growth performance of weaning pigs in the Mekong Delta of Viet Nam, *Can Tho University Journal of Science* 1: 33-38.
- León, M.F. (2012). Evaluación *in vitro* de cepas de bacterias ácido lácticas nativas con potencial probiótico. Tesis de grado (Licenciatura en Bioquímica). Montevideo-Argentina: Universidad de la República. Facultad de Ciencias. p. 25.
- Lezcano, P.P., Berto, D. A., Bicudo, S.J., Curcelli, F., Figueiredo, & P.Valdivie, N.M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18 (3): 41-47.
- Linares, L. (2015). Los desafíos nutricionales frente a las restricciones de uso de aditivos: eliminación de uso de antibiótico. XXIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Guayaquil: Asociación Latinoamericana de Avicultura. <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/los-desafios-nutricionales-frente-t7474/141-p0.htm>.

- López, M.P.C., Zolim, J.F.A., Alberton, L.R., Otutumi, L.K., Silveira, A.P. & Mesa, S.K.L. (2013). Caracterização nutricional da silagem de bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L) adicionada ou não de soro de queijo e/ou grão de milho. *Arq. Cienc. Vet. Zool.* 16 (1): 41-46.
- Martínez, M. (2011). Evaluación de los granos de destilería secos con solubles en la alimentación de cerdos en crecimiento y reproductoras porcinas. Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Mayabeque, Cuba. p. 120.
- Mateos, G.G. y García, M. (1998). Uso de premezclas en la fabricación de piensos. *FEDNA* 14, 173-190.
- Mayea, Andrea Paola. (2020). Inclusión de harina de algas (*Chlorella vulgaris*) en dietas de lechones y su efecto sobre el comportamiento productivo y morfometría intestinal. Tesis para Optar el Título Profesional de: INGENIERO ZOOTECNISTA. Lima. Peru. P. 76.
- Mederos, C., Figueroa, M., García, V. & Cruz, A., Diana. (2007). Utilización de diferentes sistemas de alimentación en cerdos al destete con dietas basadas en maíz o miel rica. *Revista Computarizada Porcina.* 2 (1): 7.
- Milián Florido, Grethel, Rondón, Ana J., Pérez, M., Arteaga, Fátima, Bocourt, R., Portilla, Yadileiny, Rodríguez, Marlen, Pérez, Y., Beruvides, A., & Laurencio, M. (2017). Metodología para el aislamiento, identificación y selección de cepas de *Bacillus* spp. para la elaboración de aditivos zootécnicos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2): 197-207.
- Milián, Grethel, Rondón, Ana J., Pérez, M. L., Martínez, Yordanys, Boucourt, R., Rodríguez, Marlen, Beruvides, A., & Portilla, Yadileiny. (2019). Stability of the zootechnical additives SUBTILPROBIO® C-31, C-34 and E-44 under different temperature conditions. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(3): 241-248.

- Mousavi, A., Seidavi, S., Dadashbeiki, M., Kilonzo-Nthenge, A., Nahashon, S.N., Laudadio, V. & Tufarelli, V. (2015). Effect of a synbiotic (Biomin® IMBO) on growth performance traits of broiler chickens. *Eur. Poult. Sci.* 79: 1-15.
- NC -ISO 4832: (2010). Microbiología de los Alimentos de Consumo Humano y Animal. Método horizontal para la enumeración de coliformes. Método de referencia.
- NC -ISO 4833-1: (2014). Microbiología de la cadena alimentaria- Método horizontal para la enumeración de microorganismos- Parte 1: Conteo de colonias a 30°C por la Técnica de placa vertida.
- NC ISO 6579: (2008). Microbiología de los Alimentos de Consumo Humano y Animal. Método horizontal para la detección de *Salmonella* spp.
- NC ISO 6887-1. (2002). Microbiología de los alimentos de consumo humano y animal. Preparación de la muestra de ensayo, la suspensión inicial y las diluciones seriadas decimales. Parte 1.
- NRC. (2012). Nutrients Requirements of Pigs, 10th Edition, National Research Council. National Academy Press, Washington. DC. p. 96.
- Oficina Nacional de Estadísticas (ONEI) y Grupo Empresarial Ganadero (GEGAN-División porcino). (2018). Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. Enero - Diciembre de 2017. República de Cuba. p. 56.
- Ojito, Y.L. (2012). Evaluación de la actividad probiótica de *Lactobacillus salivarius* en indicadores productivos y de salud en cerdos lactantes. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Matanzas. p. 86.
- Pavlović, M., Marković, R., Stamen-Radulović, V., Teodorović, A. N., Jakić-Dimić, D., & Šefer, D. (2016). The use of organic acids in animal nutrition. In Second International Symposium of Veterinary Medicine. p. 233.
- Pérez de Rosas, A.M., Roca, M., Carabaño, R., de Blas, C., Francesch, M., Brufau, J., Martín-Orúe, S., Gasa, J., Campoy, Pérez, M., Milián, G., Boucourt, R. &

- Reynaldo, A. (2016). *In vitro* evaluation of prebiotics in hydrolysates of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) prepared by different methods. *Revista La Técnica* 16: p. 64–75.
- Pérez, M., Milián, G., Boucourt, R. & Alemán, R. (2016). Evaluación *in vitro* de prebióticos en hidrolizados de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) preparados por diferentes métodos. *Revista La Técnica*. p. 12-16.
- Pérez, M. y Garcia, D. (2021). Utilización de aditivos en la alimentación animal. Alternativas a los antibióticos como promotores del crecimiento. Madrid España: La Ciencia de la Nutrición Universidad Politécnica de Madrid Nutra S.L.
- Powthong, P. & Suntornthiticharoen, P. (2015). Isolation, identification and analysis of probiotic properties of lactic acid bacteria from selective various traditional Thai fermented food and kefir. *Pakistan Journal of Nutrition* 14 (2): 67.
- Quiles, A. & Hevia, M. (2016). Características de la flora intestinal del lechón: efecto de los probióticos. Disponible: <www.edicionestecnicasreunidas.com> [Consultado: 22 de octubre de 2017].
- Ramírez, J., Rodríguez, R., Delgado, J.M., Peñate, O., Cuellar, S., Suárez, G., Treto, E., Figueroa, M., Valdéz, B.E. & Mederos, C. M. (2010). Sistemas integrados de producción porcina. El caso del municipio de Placetas. *IV Seminario Internacional Porcicultura Tropical 2010*, La Habana, Cuba.
- Ramírez, R.J.C., Ulloa, P.R., Velázquez, G.Y.M., Ulloa, J. A. & Arce, F.R. (2011). Bacterias lácticas: Importancia y su efecto en la salud. *Revista Fuente* 2 (7): 1-16.
- Rendón, L., Añez, M., Salvatierra, A., Meneses, R., Heredia, M & Rodríguez, M. (2015). Probióticos generalidades. *Arch. Venez. Puer.* [on line]. 74 (8): 123-128.
- Revolledo, L. (2013). Alternativas para el control de la Salmonelosis en las aves. XXIII Congreso Latinoamericano de Avicultura. Alimentación, Tecnología y Sostenibilidad. El Salvador. p. 49.

- Rodríguez, M., Milián, G., Rondón, A., Bcourt, R., Sarduy, L., & Beruvides, A. (2020). Chemical and microbiological characterization of *Saccharomyces cerevisiae* creams, obtained from different Cuban distilleries. Cuban Journal of Agricultural Science, 54(3). Retrieved from <http://cjas.science.cu/index.php/CJAS/article/view/968>.
- Rodríguez, R., Lores, J., Gutiérrez, D., Ramírez, A., Gómez, S., Elías, A., Aldana, A.I., Moreira, O., Sarduy, L. & Jay, O. 2013. Inclusión del aditivo microbiano VITAFERT en la fermentación ruminal in vitro de una dieta para cabras. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 47 (2): 171-178.
- Roján, L.E. (2009). Empleo de un producto biológicamente activo VITAFERT en precebas porcinas. M.Sc. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. p. 53.
- Rondón, A.J. 2009. Obtención de biopreparados a partir de lactobacilos autóctonos del tracto digestivo de pollos y evaluación de su efecto probiótico en estos animales. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 131.
- Rondón, A.J., Ojito, Y., Arteaga, F. Laurencio, M., Milián, G. & Pérez, Y. (2013). Probiotic effect of *Lactobacillus salivarius* C-65 on productive and health indicators of lactating piglets. Cuban Journal of Agricultural Science 47: 401.
- Santos, I. Abreu; Medina, Norma M; Machado, Y. Muro; Martín, Teresita, M. Santos. (2011). compendio: "la educación agropecuaria en la escuela cubana actual". P.267.
- Sigauco, D. & Terré, E. (2018). Mercado mundial de cerdos: Argentina en el puesto 13° de los productores y consumidores. Bolsa de Comercio de Rosario Córdoba. Disponible: <www.bcr.com.ar> [Consultado: 23 de febrero de 2019].
- Tandrón, Elsie & García, R. (2011). Bases para la producción de carne de cerdo inocua a partir de la identificación y análisis de puntos críticos de control en el

Centro Integral Porcino de Calabazar. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

USDA. (2019). Livestock, Dairy, and Poultry Outlook, January. Disponible:
<<https://www.agrodigital.com/2019/01/17/aumenta-la-productividad-del-sector-porcino-de-eeuu/>> [Consultado: 25 de febrero de 2019].

Vázquez, S. M., Suárez, H. & Zapata, S. (2009). Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. *Revista Chilena de Nutrición* 36 (1): 64-71.

Vega, C., Pichiuha, B., Peña, C. & Zavaleta, A. (2013). Efecto simbiótico del extracto de *Smallanthus sonchifolius* (yacón) y *Lactobacillus plantarum* frente a *Escherichia coli*. *Ciencia e Investigación* 16 (2): 77-82.

Vélez, J., Gutiérrez, L. & Montoya, O. (2015). Evaluación de la actividad bactericida de bacterias ácido lácticas aisladas en calostro de cerdas frente a *Salmonella typhimurium*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 68 (1): 7481-7486.

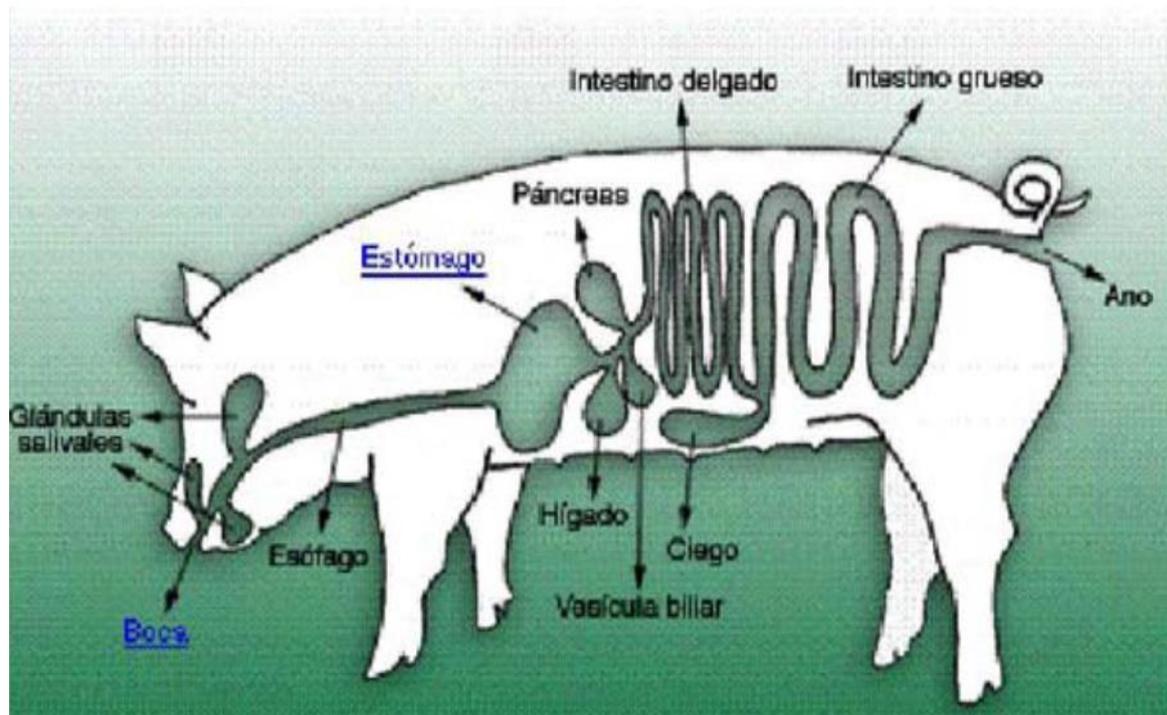
Vitaluña, O.V.M. (2014). Evaluación de diferentes niveles de VITAFERT en crecimiento – engorde de cerdos. Trabajo de Titulación para Ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador. p. 48.

VSP-DK. (2009). Videncenter for Svineproduktion. Disponible:
<<http://vsp.lf.dk/Viden/Foder.aspx>> [Consultado: 21 de febrero de 2016].

Zhou, W., Kornegay, E.T., Van Laar, H., Swinkels, J.W.G.M., Wong, E.A. y Lindemann, M.D. (1994). The role of feed consumption and feed efficiency in copper-stimulated growth. *Journal of Animal Science* 72, 2385-2394.

ANEXOS

Anexo 1. Tracto digestivo de cerdos



Anexo 2. Fichero para caracterización química.

Análisis de la varianza.

➤ MS (%)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS(%)	15	0,5880	0,4232	0,3595

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0175	4	0,0044	3,5679	0,0468
Lotes	0,0175	4	0,0044	3,5679	0,0468
Error	0,0123	10	0,0012		
Total	0,0298	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0012 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
2,00	9,7000	3	0,0202 A
4,00	9,7167	3	0,0202 A
1,00	9,7400	3	0,0202 A B
5,00	9,7500	3	0,0202 A B
3,00	9,8000	3	0,0202 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

➤ Ca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	15	0,2473	0,0000	0,7275

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0003	4	0,0001	0,8214	0,5403
Lotes	0,0003	4	0,0001	0,8214	0,5403

Error	0,0009	10	0,0001		
Total	0,0012	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E
3,00	1,3200	3	0,0056 A
4,00	1,3267	3	0,0056 A
5,00	1,3300	3	0,0056 A
2,00	1,3300	3	0,0056 A
1,00	1,3333	3	0,0056 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

➤ **P**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	15	0,3702	0,1183	2,2843

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0013	4	0,0003	1,4697	0,2824
Lotes	0,0013	4	0,0003	1,4697	0,2824
Error	0,0022	10	0,0002		
Total	0,0035	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0002 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
4,00	0,6367	3	0,0086 A
2,00	0,6400	3	0,0086 A
5,00	0,6533	3	0,0086 A

1,00	0,6567	3	0,0086	A
3,00	0,6600	3	0,0086	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

➤ **Cenizas**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	15	0,7059	0,5882	0,0730

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0014	4	0,0004	6,0000	0,0100
Lotes	0,0014	4 0	0,0004	6,0000	0,0100
Error	0,0006	10	0,0001		
Total	0,0020	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0001 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
1,00	10,6000	3	0,0045 A
4,00	10,6000	3	0,0045 A
5,00	10,6200	3	0,0045 B
3,00	10,6200	3	0,0045 B
2,00	10,6200	3	0,0045 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

➤ **PB**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PB	15	0,6465	0,5051	0,2145

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0043	4	0,0011	4,5714	0,0234
Lotes	0,0043	4	0,0011	4,5714	0,0234
Error	0,0023	10	0,0002		
Total	0,0066	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0002 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
4,00	7,1000	3	0,0088 A
3,00	7,1100	3	0,0088 A
1,00	7,1167	3	0,0088 A
2,00	7,1233	3	0,0088 A B
5,00	7,1500	3	0,0088 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$).

➤ **PV**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PV	15	0,5926	0,4296	0,1303

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,2E-05	4	8,0E-06	3,6364	0,0445
Lotes	3,2E-05	4	8,0E-06	3,6364	0,0445
Error	2,2E-05	10	2,2E-06		
Total	0,0001	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0000 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
4,00	1,1360	3	0,0009 A
3,00	1,1373	3	0,0009 A B
1,00	1,1373	3	0,0009 A B
2,00	1,1393	3	0,0009 B
5,00	1,1400	3	0,0009 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

➤ **pH**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,6374	0,4924	1,1752

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,0380	4	0,0095	4,3951	0,0262
Lotes	0,0380	4	0,0095	4,3951	0,0262
Error	0,0216	10	0,0022		
Total	0,0596	14			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0022 gl: 10

Lotes	Medias	n	E.E.
1,00	3,8667	3	0,0268 A
4,00	3,9333	3	0,0268 A B
3,00	3,9733	3	0,0268 B
2,00	4,0000	3	0,0268 B
5,00	4,0000	3	0,0268 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Se realizó análisis de varianza según modelo de clasificación simple, aplicándose la dójima de Duncan para $P < 0,05$ en los casos necesarios.

Lotes Variables	1	2	3	4	5	EE± y sign
MS(%)	9,74 ^{ab}	9,70 ^a	9,80 ^b	9,72 ^a	9,75 ^{ab}	0,0202 P=0,0468
Ca	1,333	1,330	1,320	1,327	1,330	0,0056 P=0,5403
P	0,657	0,640	0,660	0,634	0,653	0,0086 P=0,2824
Cenizas	10,60 ^a	10,62 ^b	10,62 ^b	10,60 ^a	10,62 ^b	0,0045 P=0,0100
PB	7,12 ^a	7,11 ^{ab}	7,11 ^a	7,10 ^a	7,15 ^b	0,0088 P=0,0234
PV	1,139 ^{ab}	1,139 ^b	1,137 ^{ab}	1,136 ^a	1,140 ^b	0,0009 P=0,0445
pH	3,867 ^a	4,000 ^b	3,973 ^b	3,933 ^{ab}	4,000 ^b	0,0268 P=0,0262

Anexo 3. Fichero para caracterización microbiológica

BAL											
Muestra	0	4	8	12	16	20	24	48	72	96	
1	500000	2000000	65000000	2300000000	13666666667	6,5E+11	2,83433E+12	1,071E+13	4,4E+12	4,95E+12	
1	440000	3100000	73000000	3000000000	13666666667	6,202E+11	3,631E+12	1,06E+13	5,6E+12	3,24E+12	
1	490000	2700000	68000000	2700000000	13666666667	5,8E+11	4,1E+12	8E+12	7,2E+12	5,4E+12	
LN											
1	13,12	14,51	17,99	21,56	23,34	27,20	28,67	30,00	29,11	29,23	
1	12,99	14,95	18,11	21,82	23,34	27,15	28,92	29,99	29,35	28,81	
1	13,10	14,81	18,04	21,72	23,34	27,09	29,04	29,71	29,61	29,32	
Media	13,07	14,75	18,04	21,70	23,34	27,15	28,88	29,90	29,36	29,12	
	8,5	8	7,4	6,8	5,5	5,4	4,9	4,4	3,98	4	
Levaduras											
1	40000	60000	330000	630000	1000000	1420000	1760000	6000000	72000000	98000000	
1	38000	62000	370000	680000	1020000	1380000	1820000	6500000	66000000	89000000	
1	43000	65000	350000	660000	1060000	1470000	1960000	6600000	74000000	96000000	
LN											
1	10,5966347	11,0020998	12,7068479	13,3534751	13,81551056	14,16616743	14,38082437	17,90985512	20,39476177	20,70306313	943333333,3
1	10,5453414	11,0348897	12,8212583	13,4298481	13,83531319	14,13759406	14,41434706	17,98989783	20,30775039	20,60673202	
1	10,6689554	11,0821425	12,7656884	13,3999951	13,87377947	14,20077296	14,48845503	18,0051653	20,42216074	20,68244384	
	10,6036439	11,0397107	12,7645982	13,3944394	13,8415344	14,16817815	14,42787549	17,96830608	20,37489097	20,66407966	
	8,5	8	7,4	6,8	5,5	5,4	4,9	4,4	3,98	4	