



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

Centro Universitario UAEM Temascaltepec

LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

*EFFECTO DEL BUTIRATO DE SODIO EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA
Y DIGESTIVA DE CERDOS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN,
CRECIMIENTO Y DESARROLLO*

TESIS

P R E S E N T A

David Ramón Ventura

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

DIRECTOR

DR. ROLANDO ROJO RUBIO

ASESORES

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ

M. EN S.A ROBERTO MENDOZA VILCHIS



Temascaltepec, Méx., Agosto de 2016

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar un estudio para evaluar el efecto del butirato de sodio (Gustor-BP 70) en la respuesta productiva y digestiva de cerdos en las etapas de inicio, crecimiento y desarrollo. Se administró un aditivo de la empresa NOREL (Gustor-BP 70) y se usaron en total 12 cerdos de 50 días de edad con un peso promedio de 26.4 ± 4 kg, y se dividieron en 2 tratamientos T1: Control (dieta base) y T2: T1 + butirato de sodio (dosis: 1.5 kg/ton). La cantidad de alimento ofrecido y rechazado fue pesado registrándose diariamente para determinar el consumo diario de alimento. Los cerdos fueron pesados individualmente al inicio y término de cada etapa. El experimento tuvo una duración de 49 días dividido en tres periodos que son Inicio 13 días, crecimiento 17 días y desarrollo 19 días. El consumo de alimento (kg/día) del grupo control, en Inicio fue de 1.75, crecimiento 2.67 y desarrollo 3.21, mostrando diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto al bloque T1+Butirato de sodio, que fue en Inicio 1.68, crecimiento 2.55 y desarrollo 3.15. Para la Ganancia diaria de peso (kg/día) en el control se mostraron los siguientes valores, Inicio 1.05, crecimiento 1.00 y desarrollo 1.21 observándose una diferencia significativa ($P < 0.05$) en base a T1+Butirato de sodio, que fue en inicio de 1.24, crecimiento 1.19 y desarrollo 1.32. La Eficiencia Alimenticia (Kg/día) en el bloque control fue en inicio de 0.60, crecimiento 0.36 y desarrollo 0.37 observándose una diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto a T1+Butirato de sodio que en inicio fue de 0.74, crecimiento 0.47 y en desarrollo 0.40. La digestibilidad del bloque control en la etapa de desarrollo en materia seca fue del 85.67%, para materia orgánica 87.23%, en extracto etéreo fue de 97.69% y en Proteína Cruda 76.15% observándose una diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto a T1+Butirato de sodio en materia seca 89.46%, para materia orgánica 90.07%, en extracto etéreo 96.80% y en Proteína Cruda 82.39%. Se concluye que la inclusión de butirato de sodio en la dieta mejoró los parámetros productivos y digestivos de los cerdos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de producción del cerdo y los pesos que comprende en cada una de ellas.	20
Figura 2. Localización del área experimental	28
Figura 3. Cerdos utilizados en la fase de experimentación.....	29
Figura 4. Jaulas utilizadas durante las etapas de experimentación	30
Figura 5. Instalaciones donde se alojaron a los lechones.....	31
Figura 6. Recolección de heces	33
Figura 7. Estufa para determinar materia seca	35
Figura 8. Mufla para determinar cenizas	36
Figura 9. Equipo soxhlet para determinar contenido de grasa.....	38
Figura 10. Digestor	40
Figura 11. Extractor de kjeldhal.....	41
Figura 12. Área de titulación.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo de alimento por etapa.....	21
Cuadro 2. Características climatológicas de la cabecera Municipal	29
Cuadro 3. Características de los tratamientos, peso de entrada, repeticiones y número de cerdos por tratamiento	32
Cuadro 4. Características de la dieta basal y composición química.	32
Cuadro 5. Número de muestras por etapa.	34
Cuadro 6. Parámetros productivos (kg/día^{-1}) en cerdos durante el periodo de iniciación recibiendo butirato de sodio en su dieta.	44
Cuadro 7. Parámetros productivos (kg/día^{-1}) en cerdos durante la etapa de crecimiento recibiendo butirato de sodio en su dieta	45
Cuadro 8. Parámetros productivos (kg/día^{-1}) y digestibilidades de la materia seca, materia organica, extracto etéreo y proteína cruda en cerdos durante el periodo de desarrollo recibiendo butirato de sodio en su dieta	46

ÍNDICE

I INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS	11
2.1. GENERAL	11
2.2. ESPECÍFICOS	11
III. HIPOTESIS	12
IV. JUSTIFICACIÓN.....	13
V. REVISIÓN LITERARIA.....	14
5.1. IMPORTANCIA DE LA PORCINOCULTURA EN MÉXICO.....	14
5.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA	15
5.2.1. <i>Explotación tecnificada</i>	15
5.2.2. <i>Explotación semi-tecnificada</i>	15
5.2.3 <i>Explotación de traspatio</i>	16
5.3. APARATO DIGESTIVO	17
5.3.1. <i>Boca y Faringe</i>	17
5.3.2. <i>Esófago y Estómago</i>	17
5.3.3. <i>Intestino delgado, hígado, páncreas</i>	18
5.3.4. <i>Intestino grueso</i>	18
5.4. NUTRICIÓN EN PORCINOS	19
5.4.1. <i>Requerimientos nutritivos en fase de iniciación</i>	19
5.4.2 <i>Requerimientos nutritivos en fase de crecimiento</i>	20
5.4.3 <i>Requerimientos nutritivos en fase de desarrollo</i>	21
5.5. ADITIVOS.....	21
5.5.1 <i>Importancia de los aditivos</i>	21
5.5.2 <i>Clasificación de los aditivos</i>	22
5.6. BUTIRATO DE SODIO	22
5.6.1. <i>Importancia</i>	23
5.6.2 <i>Mecanismo de acción a nivel intestinal</i>	24
5.7. ANTECEDENTES REALIZADOS CON BUTIRATO DE SODIO	25
5.7.1. <i>Ensayo de alimentación en cerdos con una dieta en cerdos que contiene butirato sódico</i>	25
5.7.2. <i>Butirato sódico mejora los rendimientos productivos de los lechones destetados durante el primer periodo después del destete</i>	25
5.8. DIGESTIBILIDAD	26
5.8.1. <i>Digestibilidad Ileal</i>	26
5.8.2. <i>Digestibilidad fecal</i>	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	28
6.2. MATERIAL BIOLÓGICO Y EQUIPO	29
6.3. INSTALACIONES.....	31

6.4. METODOLOGÍA.....	32
6.4.2. <i>Dietas</i>	32
6.5. RECOLECCIÓN DE HECES.....	33
6.6. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS.....	33
6.6.1 <i>Determinación de materia seca</i>	34
6.6.2 <i>Determinación de cenizas</i>	36
6.6.3. <i>Determinación de extracto etéreo o grasa cruda</i>	37
6.6.4. <i>Determinación de Proteína Cruda</i>	39
6.9. VARIABLES RESPUESTA.....	42
6.9.1. <i>Diseño experimental</i>	43
6.9.2. <i>Modelo estadístico</i>	43
VII. RESULTADOS	44
VIII. DISCUSIÓN	47
VIII. BIBLIOGRAFÍA	52
IX. ANEXOS	56

I INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la ganadería y en específico la producción de carne, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural, pues se realiza sin excepción en todas las regiones agroecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima.

La producción de carne como, otras actividades del subsector ganadero, se da en una amplia gama de sistemas productivos, que va desde los altamente tecnificados e integrados, hasta las economías de tipo campesino orientadas principalmente hacia el autoabastecimiento de la familia campesina.

Las estadísticas de la FAO (2012), muestran que la producción porcícola en el mundo se encuentra altamente concentrada ya que para el periodo 2000-2010 siete naciones aportaron en promedio el 71.40% del total mundial. En este sentido China se sitúa como el mayor productor, con una aportación del 46%. Le sigue en orden de importancia los Estados Unidos y Alemania con una participación en la producción mundial del 9.64% y 4.67%.

México por su parte, se ubica en el lugar dieciséis a nivel mundial aportando el 1.32% de la producción promedio durante el mismo periodo.

Para el periodo 2000-2010 se produjeron en el país un promedio de 1.10 millones de toneladas de carne de cerdo por año; cuatro entidades concentraron en promedio el 55.19% de la producción nacional, destacando los estados de Jalisco con el 19.14%. Sonora con el 18.50% y Guanajuato con el 9.19%. Así mismo la producción en el estado de México fue en promedio de 26,414 toneladas, lo que representó el 2.40% de la oferta nacional para el mismo periodo.

En México la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos.

El sector tecnificado abarca el 46% de la piara, el semi-tecnificado el 20% y el de traspatio el 34%. En 2009 el consumo per cápita de cerdo fue de 16.8 kg. (Hernández et al., 2014)

En los últimos años el uso de algunos antibióticos, en el pienso como promotores de crecimiento han sido prohibidos en algunos países debido a la resistencia frente a los antibióticos que adquieren las bacterias patógenas. Por esta razón, hoy en día hay un creciente interés en el remplazo del uso de los antibióticos por medio de diferentes alternativas naturales, como pueden ser los prebióticos, los probióticos, los compuestos vegetales (extractos de plantas), y los ácidos orgánicos.

Los ácidos orgánicos se han estudiado como una herramienta para reducir la concentración de bacterias no deseadas en la producción. Alguno de los ácidos orgánicos más importantes son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), en particular el Butirato, producido por la microbiota intestinal. (Cummings y Mac Farlane, 1991; Szylił and Andrieux, 1993; Galfi et al., 1981)

El Butirato de Sodio es un AGCC que tiene efectos a nivel molecular, celular y tisular además de que es una fuente de energía de rápida proliferación en las células del epitelio y puede acelerar el crecimiento de la mucosa intestinal incrementando el número de vellosidades intestinales, que aumentan el área de absorción. (Domokos et al. 2010; Garczarczyk et al., 2010)

Puede estimular el crecimiento de bacterias beneficiosas, como lactobacilos, y bifidobacterias, e inhibir el crecimiento de bacterias perjudiciales (*Salmonella* spp. *E. coli*, *Clostridium*).

Finalmente el Butirato, puede mejorar la salud y el crecimiento de los animales e incrementar los beneficios de los productores. Aumenta de una manera significativa el consumo de pienso y reduce el valor del pH en el tracto gastrointestinal, además actúa en contra de las bacterias perjudiciales y estimula el crecimiento del animal.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Evaluar el efecto del butirato de sodio en la respuesta productiva de cerdos en engorda durante la etapa de iniciación, crecimiento y desarrollo.

2.2. Específicos

- Evaluar el consumo de alimento en cada etapa durante la fase de experimentación.
- Medir la ganancia diaria de peso al término de las etapas de inicio, crecimiento y desarrollo.
- Estimar la eficiencia alimenticia en cerdos.
- Medir la digestibilidad en la etapa de desarrollo.

III. HIPOTESIS

Los cerdos alimentados con butirato de sodio, obtendrán una ganancia de peso mayor, ya que el aditivo es un promotor natural de crecimiento, capaz de aumentar la absorción de nutrientes y mejorar el índice de crecimiento.

IV. JUSTIFICACIÓN

Los ácidos orgánicos se han estudiado como una herramienta para reducir la concentración de bacterias no deseadas durante el proceso de producción. Algunos de los ácidos orgánicos más importantes son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), en particular el Butirato, que en el intestino delgado puede ser un factor esencial en el mantenimiento y recuperación de la mucosa, ya que aumenta el número de vellosidades intestinales y en consecuencia incrementa el área de absorción. (Cummings y Mac Farlane, 1991; Szylit and Andrieux, 1993; Galfi et al., 1981).

El presente trabajo tiene como finalidad ofrecer una alternativa de producción que permita a los productores de porcinos encontrar una manera nueva para mejorar su sistema de alimentación, utilizando productos nuevos que salen al mercado como en este caso es el uso de un aditivo como es butirato de sodio.

El producto objeto de estudio, es un promotor natural de crecimiento capaz de aumentar la absorción de los nutrientes a nivel intestinal, por lo tanto resulta una alternativa tentadora para utilizarlo en la alimentación de porcinos, ya que la administración del aditivo en el alimento permitirá aprovechar el alimento ofrecido en su totalidad.

V. REVISIÓN LITERARIA

5.1. Importancia de la porcicultura en México

En la época de la conquista, el porcino fue la principal fuente de abasto de carne para los conquistadores, los cuales los alimentaban con el maíz que los indígenas pagaban como tributo. Posteriormente se permitió a la población indígena disponer de algunos animales que dieron origen a la producción para autoabastecimiento, bajo un esquema de pastoreo, que actualmente se le conoce como traspatio.

De 1940-1950, la porcicultura fue la segunda fuente de abastecimiento de carne en México, aportando cerca del 20% de la producción de carnes del país (67 000 toneladas).

En los años 70's, la porcicultura experimentó un cambio sustancial hacia la modernización, con el surgimiento de granjas altamente tecnificadas, lo que se tradujo en un aumento significativo en los niveles de producción. Esta situación, en conjunto con el crecimiento en la demanda de carne de porcino, conllevó a que la porcicultura ocupara el primer lugar dentro de la oferta de carnes en México, al aportar hasta el 49 % de las carnes producidas en los años 1983 y 1984.

La porcicultura tecnificada de la década de los 70's se estableció inicialmente en el estado de Sonora y posteriormente en Sinaloa, adaptando esquemas productivos de los EUA. Si bien esto fue punto fundamental para la escalada de la porcicultura.

En el primer tercio de la década de los 80's la actividad mantuvo un crecimiento sostenido, en parte por el apoyo que el gobierno federal aplicaba a los productores a través del sorgo; sin embargo en 1984 este apoyo se retiró, trayendo como consecuencia una significativa elevación de los costos de producción, lo cual en combinación con la contracción del poder adquisitivo de la población, indujo a una reducción drástica de la demanda por la carne de cerdo y por consecuencia, la porcicultura se vio inmersa en una depresión que prácticamente se sostuvo hasta finales de la década pasada.

La actividad pecuaria actualmente se destaca por la gran tecnificación y productividad alcanzada en un amplio sector, así como por ser la que mayores volúmenes de granos forrajeros y pastas oleaginosas demanda.

Independientemente de que la porcicultura en la actualidad aporta solamente una cuarta parte de las carnes producidas en el país, mantiene un papel preponderante en el mercado de cárnicos, principalmente por su consumo a partir de platillos regionales y por el consumo de la industria de carnes frías y embutidos (SAGARPA, 2011).

5.2. Sistemas de producción porcina

5.2.1. Explotación tecnificada

En este sistema se utilizan las tecnologías de punta, equivalente a la empleada en las naciones más desarrolladas en porcicultura, con adaptaciones a las condiciones climatológicas de la zona de producción en el país. El grado de integración vertical y horizontal es prácticamente total, iniciando con la explotación de progenitores y de sus propias líneas terminales, con lo cual aseguran la calidad de los animales que se destinan a la engorda. En materia de alimentación, disponen de fábricas de alimentos balanceados, sistemas automatizados de formulación de raciones de acuerdo a cada etapa de la producción y a la calidad genética de los animales e inclusive de acuerdo a la disponibilidad de insumos. Lo anterior permite abaratar este concepto del costo de producción y se obtiene los mejores niveles de conversión alimento/carne, disminuyendo con ello el gasto en alimentación, el cual representa la mayor proporción de las erogaciones en el proceso de producción.

5.2.2. Explotación semi-tecnificada

En este sistema se utilizan diversos grados de tecnificación aplicados al esquema tradicional de producción, de ahí que los parámetros productivos se ubiquen en un

amplio rango de variación; sin embargo, generalmente su productividad es reducida.

Lo anterior se evidencia al observar que a pesar de contar, en muchas ocasiones, con pie de cría similar al del sistema Tecnificado, la infraestructura y las medidas zoonosanitarias no son adecuadas, a lo cual se suma el empleo de alimentos balanceados comerciales, que no siempre cubren las necesidades nutricionales de los porcinos en sus diferentes etapas de producción, aumentando con ello los costos de producción. La industria de los porcinos obtenidos en este tipo de sistema normalmente se realiza en rastros municipales y/o privados y los mercados que atiende son básicamente regionales y locales, pequeños centros urbanos que en pocas ocasiones tienen acceso a las grandes ciudades.

5.2.3 Explotación de traspatio

Este sistema se practica en todo el territorio nacional y su mayor relevancia radica en ser una fuente de abasto de carne en zonas en donde los canales comerciales formales no operan, de ahí que los niveles de producción y precios no se vean trastocados por las variaciones registradas en los grandes centros de consumo. Se estima que esta porcino-cultura aporta el 30% de la producción nacional. Si bien la calidad genética de los animales es baja, traduciéndose en malos rendimientos productivos; su rusticidad y adaptación al medio en que se explotan, les permite no solo sobrevivir, sino de producir carne aunque en largos periodos de engorda, aprovechando los mínimos nutrientes que contiene el alimento que se les proporciona o que el que obtienen del pastoreo. El manejo zoonosanitario es prácticamente nulo y se les considera como un riesgo para la salud humana por su participación en la cadena teniasis/cisticercosis, situación que dio origen a la puesta en marcha de campañas para el control de estas enfermedades. Los productores de traspatio consideran a sus animales como una fuente extra de ingresos, destinándose el producto al abasto de mercados micro-regionales o bien al autoabastecimiento de negocios de comida o para fiestas. Normalmente el sacrificio se realiza en mataderos (SAGARPA, 1998)

5.3. Aparato digestivo

5.3.1. Boca y Faringe

La masticación de los alimentos se acompaña de su insalivación. La saliva es secretada en abundante cantidad por las glándulas salivales. Las más voluminosas son las glándulas parótidas.

La boca alberga igualmente órganos de defensa contra los procesos microbianos. Éstos son los tejidos linfoides o amígdalas, situados en el velo del paladar, las paredes laterales de la faringe y de la base de la lengua.

5.3.2. Esófago y Estómago

El paso de alimentos de la boca hacia el estómago se realiza a través del esófago, canal musculoso y muy extensible, animado por contracciones peristálticas que siguen a la deglución.

El estómago hace de reservorio de alimento. Su capacidad media en la edad adulta se sitúa sobre los 8 litros.

Su funcionamiento es cíclico. El primer vaciado tiene lugar alrededor de 15 minutos después de la primera deglución. Posteriormente, la frecuencia y la fuerza de las ondas de vaciado varían según la naturaleza de la alimentación, la distensión del estómago y del duodeno. El vaciado entre dos comidas nunca es total. El volumen final de los alimentos al salir del estómago es el doble del volumen ingerido, debido a la adición de las secreciones salivales y gástricas.

Las acciones del jugo gástrico son múltiples:

Ácido clorhídrico.

- Solubilización de los productos minerales.
- Papel antiséptico.
- Transformación de los pepsinógenos inactivos en pepsina activa (papel importante en el proceso de la digestión).

Pepsina.

- Degradación de las proteínas en moléculas más pequeñas que permitan una mejor eficacia de los agentes proteolíticos del intestino.
- Transformación, en finas partículas, de la caseína de la leche, precipitada por el ácido clorhídrico.

Lipasa.

- Acción lipolítica débil, sobre los lípidos de bajo punto de fusión, libres y emulsionados, es decir los de la leche.

5.3.3. Intestino delgado, hígado, páncreas

El intestino delgado recibe además las secreciones del hígado y del páncreas. El hígado actúa por medio de la bilis, que incluye:

Productos de excreción: Pigmentos biliares, colesterol, ácidos grasos, sales alcalinas.

Productos de secreción: Ácidos biliares.

El hígado tiene múltiples acciones: Activa la lipasa pancreática, aumenta la solubilidad de las sustancias poco solubles, activa los movimientos del intestino y aumenta la absorción de las vitaminas liposolubles.

El páncreas segrega enzimas proteolíticas, glucolíticas y lipolíticas, formando en conjunto el jugo pancreático (el más importante de los jugos digestivos) que se vierte al duodeno.

5.3.4. Intestino grueso

A este nivel, terminan los procesos digestivos en curso (ausencia de enzimas digestivas), hay producción de mucus y una importante absorción de agua. El intestino grueso posee una flora rica en bacterias, cuya acción es doble:

- Síntesis de las vitaminas B y K.

→ Digestión (proceso débil) de determinados elementos nutritivos que dan productos diversos, parcialmente absorbidos, transformados y eliminados. (Vanderhaegen, 1997)

5.4. Nutrición en porcinos

5.4.1. Requerimientos nutritivos en fase de iniciación

Los alimentos para la nutrición de cerdos deben estar diseñados para brindar a los cerdos los nutrientes indispensables para cada una de las fases de producción, con la finalidad de lograr los mejores beneficios económicos en la explotación porcina, siguiendo las reglas de sanidad y manejo.

En esta fase el cerdo empieza a tener un sistema digestivo capaz de utilizar dietas simples. En este momento es donde existe una mayor síntesis de tejido magro (carne baja en grasa); por tal motivo se debe de suministrar un alimento que provea un balance correcto entre la energía, aminoácidos digeribles y los demás nutrientes, para una mayor producción de músculo, desde los 15 kg hasta los 30 kg de peso vivo.

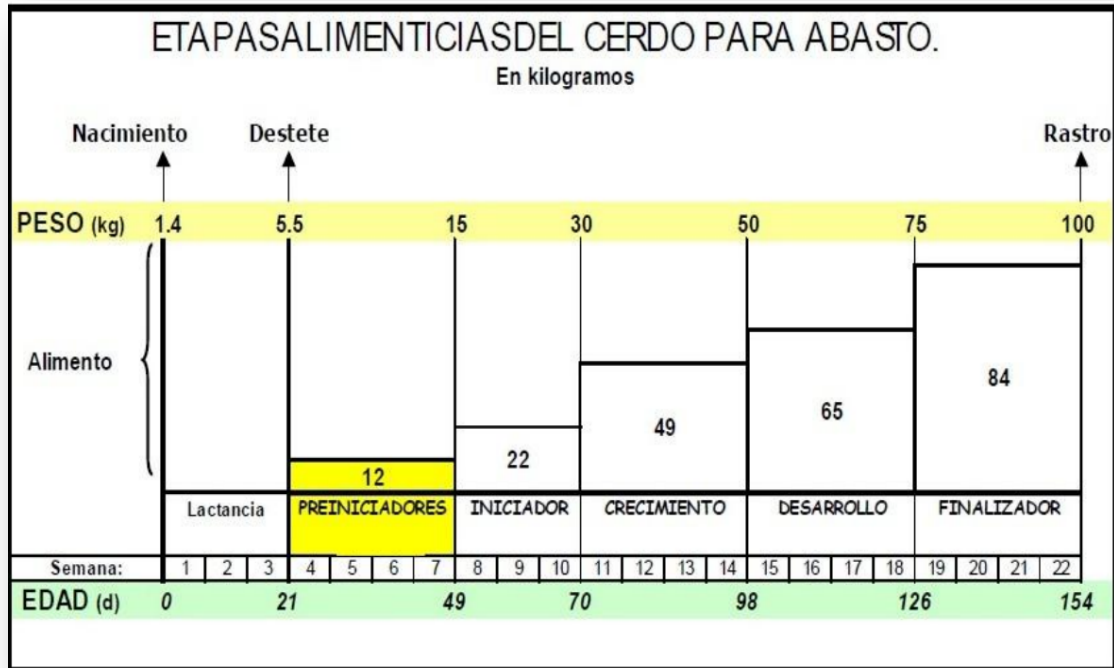


Figura 1. Etapas de producción del cerdo y los pesos que comprende en cada una de ellas.

Fuente: (ENGORMIX, 2011)

5.4.2 Requerimientos nutritivos en fase de crecimiento

Una alimentación eficiente en el periodo de desarrollo debe cumplir con dos metas importantes: maximizar la producción de tejido muscular en relación al tejido graso de la canal y la producción de carne magra con características aceptables de mercado. Se recomienda en esta fase alimentar a voluntad (Mínimo 2.8 kg de alimento /día); desde los 46 kg (EDIFARM, 2005).

5.4.3 Requerimientos nutritivos en fase de desarrollo

El periodo que comprende el desarrollo es una de las etapas más importantes de la vida productiva del animal, pues aquí se consume entre el 75 y el 80% del total del alimento necesario en su vida productiva. Siendo este rubro el principal costo de producción, la utilización eficiente del alimento repercutirá en la rentabilidad de la operación porcina.

Cuadro 1. Consumo de alimento por etapa.

Peso del cerdo (kg)	Cantidad (Kg/día)
30-40	1,800
40-50	2,200
50-60	2,600
60-70	2,800

Fuente: Campabadal, D. C. 2009.

La duración de la etapa de desarrollo es de unos 30 días, es importante considerar que en la etapa de crecimiento es donde existe una mayor síntesis de tejido magro. (Campabadal, D. C. 2009.)

5.5. Aditivos

5.5.1 Importancia de los aditivos

Los aditivos son usados rutinariamente en la alimentación animal con 3 fines fundamentales: Mejorar el sabor u otras características de las materias primas, piensos o productos animales, prevenir ciertas enfermedades, y aumentar la eficiencia de producción de los animales (Ranilla, 2002)

5.5.2 Clasificación de los aditivos

Dentro de los Aditivos más frecuentemente utilizados en producción porcina se consideran:

Prebióticos: Compuestos de naturaleza carbohidratada, parcialmente digeribles o no digeribles, que poseen propiedades benéficas para la “salud intestinal”, estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de determinados microorganismos que componen la flora intestinal colonica normal.

Probióticos: Son microorganismos que al ser ingeridos en cantidades adecuadas ejercen una influencia benéfica en la salud intestinal del huésped.

Los efectos aditivos probióticos mas estudiados son aquellos que se observan luego de la administración de Lactobacillus y Bacillus.

Aditivos antibióticos promotores del crecimiento: La incorporación al alimento de antibióticos a bajas dosis es una práctica muy común para mejorar la producción en cerdos y otros animales de engorde.

Acidificantes: Representan una alternativa viable y eficaz al uso de aditivos antibióticos promotores de crecimiento. (Soraci Al, 2010)

5.6. Butirato de sodio

Los ácidos orgánicos se han estudiado como una herramienta para reducir la concentración de bacterias no deseadas durante el proceso de producción.

Alguno de los ácidos orgánicos más importantes son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en especial el butirato, producido por la microbiota intestinal, que juega un papel importante en la fisiología y el metabolismo tanto del rumen como del intestino y en la mucosa ruminal e intestinal (Cummings y Mac Farlane, 1991; Szylił and Andrieux, 1993; Galfi et al., 1981)

El butirato es producido por las bacterias intestinales a partir de carbohidratos prebióticos como el almidón resistente, la fibra de la dieta, la inulina, y los fructooligosacáridos. (Pryde et al., 2002; Topping and Clifton, 2001).

El butirato de sodio es un AGCC que tiene efectos a nivel molecular, celular y tisular. Es conocido por ser un inhibidor de la diacetilasa de histonas (HDACs). El butirato de sodio también induce la detección del crecimiento, diferenciación y apoptosis de células cancerosas, principalmente por su efecto sobre la actividad del HDAC. (Domokos et al. 2010; Garczarczyk et al., 2010)

La presencia de butirato en el intestino delgado puede ser un factor esencial en el mantenimiento y reparación de la mucosa (Wachtershauser y Stein, 2000).

El butirato es una fuente importante de nutrientes para las células epiteliales y suple hasta el 70 % de sus requerimientos energéticos totales. El butirato ha demostrado ser el sustrato energético preferido por los colonocitos. El butirato estimula la absorción de agua y sodio. Este mecanismo es el responsable de la captación de agua por el colon y del efecto antidiarreico (Raab et al. 1998: Journal of Metabolism).

5.6.1. Importancia

Es un promotor natural de crecimiento capaz de aumentar la absorción de los nutrientes a nivel intestinal y ejercer un efecto bactericida frente a patógenos, estimulando el desarrollo de lactobacillus y mejorando la salud intestinal del animal. Reduce el pH gástrico activando la producción de pepsinógeno. Su gran ventaja es la capacidad de llegar a los últimos tramos del intestino.

La adición de butirato de sodio al alimento mejora la fisiología natural del animal al proveer de nutrientes esenciales a las células intestinales, mejorando la absorción de nutrientes y reforzando los efectos de los componentes de la dieta en períodos críticos.

5.6.2 Mecanismo de acción a nivel intestinal

5.6.2.1. Regenerador de las microvellosidades intestinales

Funciona de manera directa como nutriente para las células del epitelio intestinal. El butirato actúa como fuente de energía de los enterocitos, mejorando el desarrollo intestinal. Los AGV, producto de la fermentación de las bacterias lácticas, son una fuente muy importante de energía para el animal y además poseen propiedades fisiológicas a nivel intestinal que mejoran digestibilidad y capacidad de absorción de nutrientes por la mucosa intestinal.

5.6.2.2. Efecto bactericida a nivel intestinal

Al realizarse el cambio en la alimentación retirando la leche de la dieta, disminuye la cantidad de lactosa y por tanto de ácido láctico, lo que trae un aumento en el pH gástrico (situación que también se da por la incorporación de proteínas y minerales con efecto buferante). Se crea entonces un entorno desfavorable para los lactobacilos y más favorables para los coliformes. Los AGV inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos (*E.coli*, *Salmonella spp*, *Streptococcus spp.*) atraviesan la pared celular de estas bacterias y una vez dentro, disminuyen el pH intracelular lo que da un excesivo gasto de energía para recuperar el equilibrio osmótico. Por otro lado, afectan a la síntesis de ADN y ARN, evitando así la multiplicación de los microorganismos patógenos y consiguiendo una inhibición de su crecimiento.

Al disminuir la cantidad de enterobacterias, se da como consecuencia la proliferación de las bacterias lácticas.

5.6.2.3. Estimulación de la secreción pancreática

Aumenta la acidéz del contenido gástrico, cuando éste pasa a duodeno provoca la respuesta del páncreas, el cual incrementa sus secreciones (amilasas, lipasas y proteasas) buscando neutralizar el pH. La administración de butirato produce una estimulación en los niveles plasmáticos de insulina, lo cual mejoraría la deposición energética y protéica en los tejidos animales.

Mediante el efecto acidificante a nivel gástrico, se facilita la transformación de pepsinógeno a pepsina y, a su vez, se potencia su actividad hidrolítica, mejorando así la digestión de las proteínas ingeridas. (Norel, 2014)

5.7. Antecedentes realizados con butirato de sodio

5.7.1. Ensayo de alimentación en cerdos con una dieta en cerdos que contiene butirato sódico

Cerdos que pesan 7 a 102 kg fueron alimentados con una dieta que contenía 0,17% de n-Butirato Sódico. La dieta aumentó la ganancia diaria de los cerdos en un 23.5 %. Debido a su efecto dietético, el consumo de alimento se incrementó en un 8.9%. La conversión se redujo en un 11.8%. La dieta experimental disminuyó el recuento de coliformes y provocó un aumento de los recuentos de *Lactobacillus* ssp. La dieta aumentó la longitud de las vellosidades ileales y la profundidad de las criptas cecales. Se elevó la concentración de insulina en el plasma sanguíneo. Redujo los costos de alimentación en un 9% y un aumento de la rentabilidad. Debido a su efecto biológico y económico favorable, el butirato sódico puede ser recomendado para su uso en la alimentación de cerdos como promotor natural de crecimiento. (Andrea P. et al 2009),

5.7.2. Butirato sódico mejora los rendimientos productivos de los lechones destetados durante el primer periodo después del destete

Andrea P. et al (2009), realizaron un estudio de investigación que fue evaluar si la adición de butirato sódico en el pienso podría facilitar el destete y mejorar el crecimiento en lechones. Para lo cual durante 56 días 2 grupos de 20 lechones (9.2 ± 1.4 kg de peso vivo) fueron alimentados con una dieta basal acidificada (que contiene ácido fórmico y ácido láctico en 0,5 y 1,5 g/kg de alimento, respectivamente) sin Butirato (grupo de control) o con Butirato de Sodio (SB) a 0,8 g/kg. La ganancia media diaria de peso (ADG), consumo de alimento diario (DFI), la eficiencia alimenticia (EF) y el peso vivo (LW) fueron registrados.

En las dos primeras semanas, la complementación con butirato aumentó la ganancia media de peso (+20%, $p < 0,05$) y el consumo medio diario (+16% $p < 0,05$). Durante el periodo siguiente (de 15 a 35 días), los animales alimentados con butirato sódico tuvieron un consumo medio diario mayor pero menor eficiencia alimenticia (+10 % y -14%, respectivamente, $p < 0,05$) que los animales alimentados con la dieta control. No se observaron otros beneficios a partir de entonces. Los datos presentados han demostrado que el uso de butirato de sodio facilita solo la fase inicial de adaptación a una dieta sólida en lechones.

5.8. Digestibilidad

Lo que no aparece en las heces es digerido y absorbido. Todo lo que aparece en las heces es alimento indigerido.

5.8.1. Digestibilidad Ileal

La DI tiene como finalidad incrementar la exactitud en la determinación del aporte de los nutrimentos, y por tanto hacer de la formulación de raciones para animales domésticos una metodología más eficiente.

La DI se determina mediante la colecta de la digesta ileal antes de atravesar la válvula íleo-cecal.

Permite medir la digestibilidad de origen enzimático que se lleva a cabo en el intestino delgado.

5.8.2. Digestibilidad fecal

Es una técnica simple de realizar, ya que se obtiene al estimar la diferencia entre lo ingerido y lo excretado en heces.

- a) **Digestibilidad aparente:** Es evaluada a partir de la ileal y/o heces. Con este método no se conoce la proporción de la proteína que proviene de la dieta o de la secreción de nitrógeno endógeno y sólo permite asumir qué cantidad de alimento fue asimilado por el animal.

- b) **Digestibilidad verdadera:** Es evaluado a nivel ileal y/o fecal, este método contempla la excreción de NE en sus cálculos, por lo cual ofrece un valor más exacto de la digestión de algún alimento. (Parra & Gómez, 2008)

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Descripción del sitio experimental

El experimento se realizó en las instalaciones de la Unidad Metabólica de Nutrición Animal ubicada en el Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Estado de México.

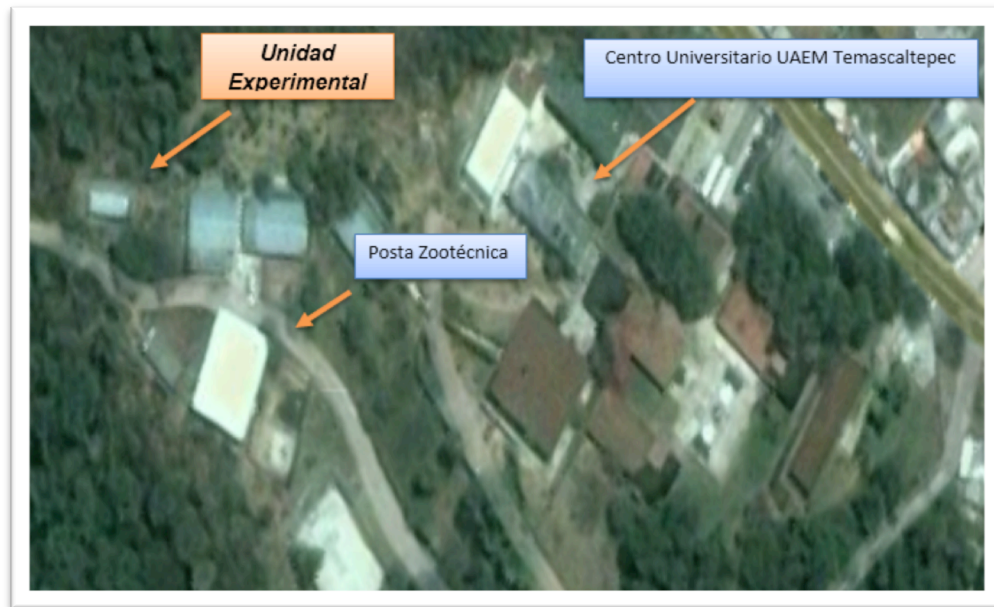


Figura 2. Localización del área experimental

El área experimental se encuentra localizada en la carretera Toluca-Tejupilco a la altura del kilómetro 67.5, cerca de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, rodeado de árboles que sirven como cortina rompe vientos y una carretera que va hacia el hotel las Juntas. Esta instalación es utilizada para realizar investigación en las especies de caprinos, ovinos y actualmente en porcinos.

Las características geográficas y climatológicas de este lugar se reportan en el cuadro 2.

Cuadro 2 Características climatológicas de la cabecera Municipal

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Latitud norte	18° 58' 43''
Latitud oeste	99° 48' 50''
MSNM	1728
Clima	Semicalido subhúmedo
Temperatura	18 °C a 22 °C
Precipitación	800 mm a 1600 mm

Fuente: Barboa, 1999.

6.2. Material biológico y equipo

Para el trabajo experimental se utilizaron 12 cerdos machos de cruce de la raza



York-Landrace x Duroc-Pietrain.

Figura 3. Cerdos utilizados en la fase de experimentación

El butirato de sodio conocido comercialmente como GUSTOR BP-70 se utilizó durante este experimento a una dosis de 1.5 kg/tonelada el cual se mezcló manualmente al alimento.

El equipo de trabajo consistió en botas, libreta, lapicero, báscula digital de 40 kg para pesar el alimento y una báscula de 150 kg para pesar a los animales, cámara fotográfica, escoba, bandeja, cubeta, franela, tarjetas de identificación para cada cerdo.

Se emplearon 3 comederos rectangulares de acero inoxidable para cerdos en engorda de cuatro bocas doble con una capacidad de 150 kg de alimento.

En cada comedero por la parte frontal se armaron 2 jaulas y en la parte trasera otras 2. Fueron 3 módulos que se armaron para dar un total de 12 jaulas que permitieron alojar a cada cerdo individualmente. Para evitar que el alimento se mezclara con la otra jaula en medio de la parte frontal se colocó una tabla a la mitad en donde comen los cerdos para separar el alimento.

Se ocuparon 6 bebederos con 2 chupones cada uno y se colocaron al frente del comedero para que en cada módulo se emplearan 2 bebederos con cuatro chupones en total.



Figura 4. Jaulas utilizadas durante las etapas de experimentación

6.3. Instalaciones

La longitud del área de la Unidad Metabólica de Nutrición Animal tiene una dimensión de 7.42 m de ancho por 12.80 m de largo, la cual únicamente está techada con lámina galvanizada y no cuenta con muros para lo cual se utilizaron 4 lonas que tienen las siguientes medidas: 4.44 m largo X 2.20 m alto, 3.30 m largo X 2.20 m alto, 4.30 m X 2.20 m de alto que sirvieron para cubrir la parte sur de la nave y otra lona de 3.60 m largo x 2.20 m de alto que se utilizó para cubrir la parte este del lugar, la cual es la entrada, la parte norte de la nave estaba cubierta por una montaña que cubre el lugar.



Figura 5. Instalaciones donde se alojaron a los lechones

En la parte norte del lugar se cuenta con un muro de 62 cm. La altura del piso al techo es de 2.88 m. Se realizó manejo de cortinas las cuales en la tarde se bajaban y en la mañana se levantaban para permitir una buena ventilación, así mismo una perfecta entrada de sol. Se utilizó un foco de 60 watts que se encendía en la tarde para evitar que los animales se queden a oscuras en las noches.

Se construyeron 12 jaulas una para cada cerdo las cuales se ampliaron en base a la etapa en la que se encontraban.

6.4. Metodología

Se utilizaron 12 cerdos en la fase de inicio, crecimiento y desarrollo, los cuales se dividieron en 2 tratamientos, clasificándose como tratamiento (T1 Control alimento dieta base) y (T2 butirato de sodio + alimento dieta base).

Cuadro 3. Características de los tratamientos, peso de entrada, repeticiones y número de cerdos por tratamiento

	Inicio		Crecimiento		Desarrollo	
	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento
Peso de entrada	26.41 kg	25.83 kg	38.58 kg	39.58 kg	56.66 kg	58.83 kg
Repeticiones	6	6	6	6	6	6
No. de cerdos	6	6	6	6	6	6

6.4.2. Dietas

Cuadro 4. Características de la dieta basal y composición química.

Ingrediente (%)	Inicio		Crecimiento		Desarrollo	
	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control	Tratamiento
Sorgo molido	71.6	71.6	75	75	75	75
Pasta de soya	20.0	20.0	22	22	19.5	19.5
Salvado	0	0	0	0	3	3
Cebo de res	0.60	0.60	0.5	0.5	3	3
P. vit-min	8.00	8.00	2.5	2.5	2.5	2.5
Butirato de sodio	0.00	0.15	0.00	0.15	0.00	0.15
Composición química						
Materia seca	89.00	88.4	88	88.4	86.6	87.6
Proteína cruda	18.90	18.90	17.35	17.35	16.63	16.63
Extracto etéreo	4.26	5.22	4.42	7.68	2.99	2.18

6.5. Recolección de heces

Únicamente en la etapa de crecimiento en un periodo de 24 hrs se recolectaron las heces de los cerdos individualmente con un recogedor para lo cual se ocuparon recipientes para cada animal donde se colocaron las excretas. Posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio para realizar su análisis químico.



Figura 6. Recolección de heces

6.6. Análisis bromatológicos

Semanalmente se tomaron muestras de alimento para formar una muestra compuesta por etapa.

Para las muestras de alimento y recolección de heces el procedimiento de análisis fue el mismo.

El número de muestras para heces y alimentos se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Número de muestras por etapa.

	ETAPAS					
	Inicio		Crecimiento		Desarrollo	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Tratamiento	T1	T2	T1	T2	T1	T2
No de muestras						
Alimento	1	1	1	1	1	1
Heces	0	0	0	0	6	6

6.6.1 Determinación de materia seca

Dsecación en estufa hasta peso constante.

Equipo:

- Estufa de aire forzado calibrada a una temperatura de 60 °C.
- Dsecador.
- Crisoles de porcelana de 3-4 cm de diámetro y de 2.3 cm de altura o cápsula de aluminio.



Figura 7. Estufa para determinar Materia Seca

Principio:

La humedad de una muestra se pierde por su volatilización a causa de calor aplicado. El porcentaje es calculado por diferencia de peso antes y después de someterla al calor.

Procedimiento

Una vez obtenidas las muestra se pesaron 50g en una caja de papel en una báscula granataria posteriormente se anotaron los pesos en una libreta y las cajas fueron identificadas previamente. Las muestras fueron trasladadas a la estufa que estuvo a una temperatura de 60 °C donde permanecieron 24 hrs, después de este tratamiento se pesa de nuevo la muestra hasta alcanzar peso constante.

Esta muestra se muele en un molino Willey para obtener una muestra más homogénea y utilizarla para determinaciones posteriores.

Una vez que las muestras fueron molidas, se guardaron en frascos de vidrio plenamente identificados y se almacenaron a temperatura ambiente, con el fin de evitar cambios en su composición real.

Cálculos:

Para determinar el porcentaje de materia seca (MS).

$$\% MS = \frac{(Peso\ final\ de\ la\ muestra\ con\ charola) - (Peso\ de\ la\ charola)}{Peso\ inicial\ de\ la\ muestra} \times 100$$

Determinación del porcentaje de humedad

$$\% de\ Humedad = 100 - \% MS$$

6.6.2 Determinación de cenizas

Material y equipo:

- a) Balanza analítica.
- b) Desecador.
- c) Mufla de incineración para alcanzar temperaturas de 550-600 °C.
- d) Crisoles de porcelana de 3-4 cm de diámetro y de 2.3 cm de altura o capsula de aluminio.



Figura 8.

para determinar cenizas

Mufla

Principio:

Todos los alimentos contienen elementos minerales que forma parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos, por lo que es muy difícil su determinación. Las cenizas de un producto son consideradas como el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. El valor principal de la determinación de cenizas es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos productos.

Procedimiento

Se colocaron crisoles limpios en una estufa durante una hora a temperatura de 60 °C, hasta llevarlos a peso constante. Los crisoles fueron sacados de la estufa para colocarlos en un desecador posteriormente trasladarlos a la balanza analítica para pesarlos, estos pesos se anotaron en una libreta. Los crisoles fueron rotulados con el número de la muestra que contenía. Se le agregó 2 g de la muestra al crisol y se pesaron anotándose igualmente a la libreta para posteriormente una vez que se terminan de pesar todas las muestras se metieron al desecador para trasladarse a la mufla. Se prendieron las campanas de extracción después se meter todas las muestras una vez que estaban ahí se prendió la mufla, se le incrementaron 100°C cada 15 minutos hasta llegar a los 600°C una vez que se alcanzó esa temperatura se dejaron por 24 hrs, posteriormente se bajó la temperatura a 100°C, al alcanzar esta temperatura se apagó la mufla para retirar las muestras y pesarlas.

Cálculos:

Determinación del % de cenizas:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{(\text{Peso final de la muestra con crisol}) - (\text{Peso del crisol})}{\text{Peso inicial de la muestra}}$$

Determinación de la materia orgánica.

$$\% \text{ de materia orgánica} = 100 - \% \text{ de ceniza}$$

6.6.3. Determinación de extracto etéreo o grasa cruda

El contenido de lípidos libres, que básicamente consiste en triglicéridos, ácidos grasos libres, se determina sin mayor problema en los alimentos por extracción de material seco y molido con una fracción pequeña de solvente apolar (Éter etílico o de petróleo) y un aparato Soxhelt.

Equipo:

- a) Equipo de extracción soxhlet.
- b) Papel de filtro whatman # 541.
- c) Equipo de destilación.
- d) Matraz bola.
- e) Estufa de aire forzado calibrada a 60°C.



Figura 9. Equipo Soxhlet para determinar contenido de grasa.

Reactivos

- a) Éter etílico.

Procedimiento

Se colocó papel whatman en la estufa para obtener un peso constante posteriormente se pusieron en el desecador para llevarse a la balanza analítica, una vez ahí se pesaron 2 g de muestra en el papel y se realizó un doble para que la muestra no se salga durante el proceso de lavado.

Una vez pesadas todas las muestras se trasladaran al equipo Soxhelt en donde se colocaron en el equipo utilizando como solvente el éter etílico para dar lavadas a las muestras y de esta manera determinar el contenido de grasa de las muestras

Cálculos:

$$\text{Extracto etereo} = \frac{\text{peso final} - \text{peso del papel}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

6.6.4. Determinación de Proteína Cruda

Material y equipo:

- a) Campana de extracción de gases.
- b) Aparato de digestión micro-kjeldahl.
- c) Tubos de ensayo 100 ml.
- d) Matraz de kjeldahl de 500 ml.
- e) Destilador macro-kjeldahl.
- f) Matraces Erlenmeyer de 50 ml.
- g) Bureta de 50 ml.
- h) Pipetas de 5 y 10 ml.

Reactivos:

- a) Ácido sulfúrico concentrado, grado reactivo.
- b) Solución de hidróxido de sodio al 40% (0.800 g de NaOH/2 L de agua destilada).
- c) Solución valorada de ácido clorhídrico al 0.1 N (8.3 ml de ácido clorhídrico concentrado/L de agua destilada).
- d) Solución de ácido Bórico al 4% (40 gL⁻¹ de agua destilada).
- e) Solución indicadora (20 mg de rojo de metilo + 100 mg de verde de bromocresol y aforar a 100 ml con alcohol etílico al 96% comercial).
- f) Mezcla catalizadora (96 g de sulfato de sodio, 3.5 g de sulfato de cobre y 0.5 g de selenio negro).

Se pesaron .3000 mg de muestra en papel estraza, esta fue doblada para introducirse cuidadosamente en un tubo Kjeldhal. Se le añadió 7 gr de mezcla catalizadora y 12 ml de H₂ SO₄. Se calentó en el digestor, manteniendo la ebullición activa hasta que la solución se clarificara a un color verde pistache.

Después de que se dejó enfriar, se le agrego 80 ml de agua destilada manteniéndose en agitación constante.

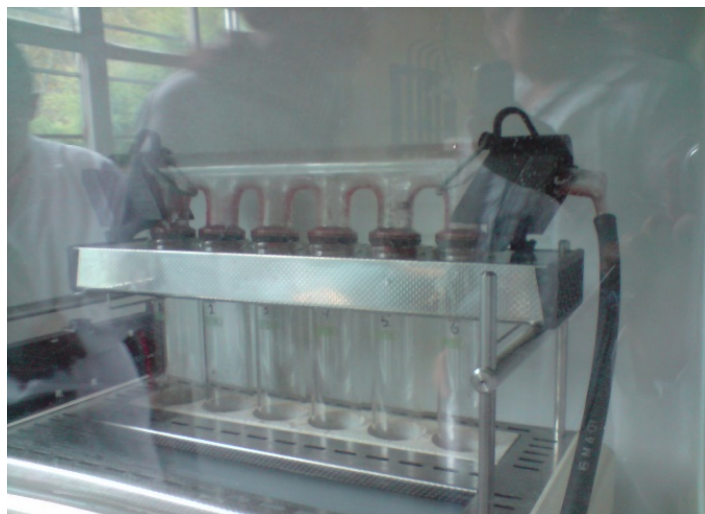


Figura 10. Digestor

El contenido fue vaciado en un matraz bola al cual también se le agregaron 3 perlitas para evitar que por el aumento de temperatura se tronara.

Destilación

Al contenido que se matraz bola se le NAOH al 40% se llevó al destilador donde en la parte de aparato se colocó ml de capacidad) H_2BO_3 . Una vez proceso de esperó hasta que el



encontraba en el adición 50 ml posteriormente Kjeldhal en abajo del un matraz (300 con 30ml de que empiezo el destilación se matraz cambiara

de color verde oscuro y se llenara a 50 ml después de que ocurriera este procedimiento se retiraría.

Figura 11.
Kjeldhal

Titulación:

Se tituló con la
de HCL con el
matraz hasta el
verde oscuro a rojo.



Extractor de

solución 0.1 N
contenido del
cambio de color

Figura 12. Área de titulación

Cálculos:

Determinación de Nitrógeno:

$$\% \text{ de } N = \frac{(\text{ml de HCL gastado} * .1 * 1.4)}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

Determinación de proteína

% de Proteína Cruda:

$$\% \text{ de proteína cruda} = (\%N)(6.25)$$

6.9. VARIABLES RESPUESTA

A) *El consumo de alimento (C.A) por cerdo por día.* Es la diferencia entre el total de alimento ofrecido y el sobrante en el comedero al final de cada ración.

Fórmula:

Alimento ofrecido (kg) – (kg) rechazo.

B) *Ganancia diaria de peso (GDP).* Es la diferencia del peso final (P.F) y el peso de entrada (P.E), dividido entre los días de estancia de los animales.

Fórmula:

$$GDP = \frac{P.F (kg) - PI(kg)}{\text{No. de dias}}$$

C) *Eficiencia alimenticia (E.A).* Son los Kilogramos de peso ganados por día entre el consumo de materia seca por día.

Fórmula:

$$E.A = \frac{\text{Peso vivo ganado por día (kg)}}{\text{Alimento consumido por día (kg)}}$$

D) *Digestibilidad (Dig)*. Es el resultado del consumo de alimento expresado en materia seca menos las heces totalmente secas entre el consumo de alimento expresado en materia seca.

Fórmula:

$$Dig = \frac{\text{Consumo de materia seca (g)} - \text{heces (MS g)}}{\text{Consumo de materia seca (g)}}$$

6.9.1. Diseño experimental

Para analizar los datos que se obtuvieron se utilizó una Diseño de Bloques Completamente al Azar con 2 tratamientos, 6 animales por tratamiento, 6 repeticiones y 2 animales por repetición.

6.9.2. Modelo estadístico

En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar mediante el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta.

μ = Media general.

T_i = Efecto del tratamiento.

B_j = Efecto del bloque.

E_{ij} = Efecto del error.

VII. RESULTADOS

7.1. Etapa de inicio

Cerdos que recibieron butirato de sodio en la dieta durante la etapa de iniciación mejoraron sus indicadores productivos en términos de peso vivo final, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia ($P < 0.05$) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parametros productivos (kg/día^{-1}) en cerdos durante el periodo de iniciación recibiendo butirato de sodio en su dieta

Variables	Tratamientos		EEM	Valor de P=
	Control	Butirato de sodio		
PVI, kg	26.41 ^a	25.83 ^a	0.082	0.0001
PVF, kg	38.58 ^b	39.58 ^a	0.118	0.0003
CMS, kg	1.75 ^a	1.68 ^b	0.005	0.0001
GDP, kg	1.05 ^b	1.24 ^a	0.010	0.0099
EA	0.60 ^b	0.74 ^a	0.006	0.0069

EEM= Error estándar de la media. ^{ab}Medias en el mismo región con distinta literal difieren ($P < 0.05$)

PVI= Peso vivo inicial.

PVF= Peso vivo final.

CMS= Consumo de materia seca.

GDP= Ganancia diaria de peso.

EA= Eficiencia alimenticia.

7.2. Etapa de Crecimiento

Cerdos que recibieron butirato de sodio en la dieta durante la etapa de crecimiento mejoraron sus indicadores productivos en términos de peso vivo final, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia.

Cuadro 7. Parametros productivos (kg/día⁻¹) en cerdos durante el periodo de crecimiento recibiendo butirato de sodio en su dieta.

Variables	Tratamientos		SEM	Valor de P
	Control	Butirato de sodio		
PVI, kg	38.58 ^b	39.58 ^a	0.118	0.0003
PVF, kg	56.66 ^b	58.83 ^a	0.057	0.0001
CMS, kg	2.76 ^a	2.55 ^a	0.042	0.1345
GDP, kg	1.00 ^b	1.19 ^a	0.016	0.0775
EA	0.36 ^b	0.47 ^a	0.011	0.1791

EEM = Error estándar de la media, ^{ab} Medias en el mismo reglón con distinta literal difieren (P<0.05)

PVI= Peso vivo inicial.

PVF= Peso vivo final.

CMS= Consumo de materia seca.

EA= Eficiencia alimenticia.

7.3. Etapa de Desarrollo

Cerdos que recibieron butirato de sodio en la dieta durante la etapa de desarrollo mejoraron sus indicadores productivos en términos de peso vivo, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, extracto etéreo y proteína cruda.

Cuadro 8. Parametros productivos (kg/día^{-1}) y digestibilidades de la Materia seca, materia orgánica, extracto etéreo y proteína cruda en cerdos durante el periodo de desarrollo recibiendo butirato de sodio en su dieta.

Variables	Tratamiento		EEM	Valor de P =
	Control	Butirato de sodio		
PVI, kg	56.66 ^b	58.83 ^a	0.057	0.0001
PVF, kg	78.73 ^b	81.63 ^a	0.205	0.0007
CMS,kg	3.21 ^a	3.15 ^a	0.029	0.2735
GDP, kg	1.21 ^b	1.32 ^a	0.009	0.0567
EA, kg	0.37 ^b	0.41 ^a	0.003	0.0395
DIG MS	85.67 ^b	89.46 ^a	0.207	0.0103
DIG MO	87.23 ^b	90.07 ^a	0.174	0.0100
DIG EE	97.69 ^a	96.80 ^a	0.199	0.6507
DIG PC	76.15 ^b	82.39 ^a	0.358	0.0145

EEM= Error estándar de la media, ^{ab} Medias en el mismo reglon con distinta literal difieren ($P < 0.05$)

PVI= Peso vivo inicial.

PVF= Peso vivo final.

CMS= Consumo de materia seca.

GDP= Ganancia diaria de peso.

EA= Eficiencia alimenticia.

DIG MS= Digestibilidad de la materia seca.

DIG MO= Digestibilidad de la materia orgánica.

DIG EE= Digestibilidad del Extracto Etereo.

DIG PC= Digestibilidad de la proteína cruda.

VIII. DISCUSIÓN

Los antibióticos suministrados a dosis bajas en el pienso, usados como promotores del crecimiento, han tenido un extenso uso en producción animal. Las ventajas de utilizar antibióticos a dosis bajas incluye una mejora en la ganancia media de peso diario y en el índice de conversión (Dritz et al., 2002; Gaskins et al., 2002). Sin embargo, en los últimos años el uso de antibióticos en el pienso como promotores de crecimiento han sido prohibidos debido a la resistencia frente a los antibióticos que adquirían las bacterias patógenas. Por esta razón, hoy en día hay un creciente interés en el remplazo del uso de estos antibióticos por medio de diferentes alternativas naturales, como pueden ser los prebióticos, los probióticos, los compuestos vegetales (extractos de plantas), y los ácidos orgánicos.

Alguno de los ácidos orgánicos más importantes son los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), en particular el butirato, producido por la microbiota intestinal (la mayoría bacterias probióticas), que juegan un papel importante en la fisiología y el metabolismo del rumen como del intestino y en la mucosa ruminal e intestinal (Cummings and MacFarlane, 1991; Szylit and Andrieux, 1993; Gálfi et al., 1981).

El butirato de sodio es una fuente de energía de rápida proliferación en las células del epitelio ruminal y los enterocitos, y puede acelerar el crecimiento y la diferenciación de la mucosa ruminal e intestinal (aumento de la longitud de las papilas en el epitelio ruminal e incremento del número de vellosidades intestinales, que incrementan el área de absorción), linfocitos activados (que mejoran el estado del sistema inmune), lo que puede asegurar una rápida reparación de la mucosa dañada.

La proliferación celular intestinal en presencia de ácidos grasos de cadena corta se debe probablemente a un aumento en la disponibilidad de un sustrato energético, ya que según la documentación existente, estas sustancias son metabolizadas por los colonocitos, teniendo que en ratas, borregos y humanos la fuente energética por orden de importancia es: butirato, acetoacetato y glucosa (Gutiérrez, 1998). Entre estos, el butirato es el que aporta mayor cantidad de energía (De las Cagigas y Blanco, 2002).

Por consiguiente butirato de sodio se utilizo para evaluar el efecto en la respuesta productiva y digestiva de cerdos en la etapa del ciclo productivo (Inicio, crecimiento y desarrollo) en donde la literatura y otras investigaciones reportan que es un promotor natural de crecimiento capas de aumentar la absorción de los nutrientes a nivel intestinal y ejerce un efecto bactericida frente a patógenos, estimulando el desarrollo de lactobacillus y mejorando la salud intestinal del animal (Norel 2014) se presenta la información en los cuadros 6, 7 y 8. Para la variable CMS, durante la etapa de inicio, los cerdos del T1 consumieron mas alimento $P(<0.05)$ en los 2 subsiguientes no se encontro efecto.

Se encuentran investigaciones en donde se muestran diferencias significativas en la variable mencionada, como es en el caso del estudio realizado por Galfi y Bokori (2009). Cerdos que pesarón de 7 a 102 kg fueron alimentados con una dieta que contenia 0,17% n-butilato sódico. Dando como resultados favorables aumentando la ganancia diaria de los cerdos en un 23,5%. Debido a su efecto dietetico, el consumo de alimento se incrementó en un 8,9%. La conversión se redujo en un 11,8%. La dieta experiimental redujo el conteo de coliformes y provocó un aumento en el recuento de Lactobacillus spp.

En el cuadro 6,7 y 8 de las 3 etapas del ciclo productivo (Inicio, crecimiento y desarrollo) los cerdos que fueron complementados con butirato de sodio mejoraron $P(<0.05)$ su respuesta productiva en terminos de GDP, EA y peso vivo final esto puede beberse aque el butirato de sodio mejora la digestibilidad de los alimentos, dando resultados positivos sobre el crecimiento y el consumo de alimento al ser suministrado en etapa temprana despues del nacimiento (Le Gall et al. 2009).

Se han evaluado en varios experimentos distintos aditivos en la dieta de animales jovenes (antes y despues del destete). Al probar butirato de sodio en lechones y terneros se observaron respuestas favorables sobre los parametros productivos, lo que nos indicaria que adicionar BS (butirato de sodio) en animales jovenes podría actuar como promotor de crecimiento. En lechones se observa que suplementar BS presentan tendencias numericas e incluso se detectan diferencias significativas

en la ganancia de peso, consumo de alimento y en la relacion existente entre la ganancia de peso y en el consumo de alimento.

Un estudio realizado por M. Puyalto 2015 evaluo el efecto de butirato de sodio protegido con aceites vegetales (Gustor BP-70) en cerdos en una dieta control sin ningun aditivo.

Se utilizaron 32 lechones de 21 dias de edad (6.3 ± 0.5 kg) fueron divididos aleatoriamente en 2 grupos, control (C) y butirato protegido al 70 % (gustor BP-70) en 3 kg/ton (21-35 dias) y en 1 kg/ton (36-49 dias).

Los cerdos que recibieron butirato de sodio protegido con aceites vegetales (gustor BP-70) obtuvieron una ganancia de peso final a los 35 dias (9.1 kg vs 8.2 kg) y a los 49 dias (16 kg vs 14.2 kg) En la variable ganancia de peso en este grupo ganaron 345.5 g/día contra 279.7 g/día.

Mientras que en un estudio realizado por J.JLu, X.T. Zou y Y.M. Wang 2008 utilizaron 96 cerdos (Landrace x Duroc x Yorkshire) destetados a los 21 dias con un peso promedio de 6.68 kg utilizados para evaluar los efectos de butirato de sodio en el rendimiento del crecimiento, microflora intestinal y morfología. Se utilizaron 3 tratamientos dietéticos: 1. Dieta basal, 2. Dieta basal+500mg/kg de butirato de sodio, 3. Dieta basal+1000mg/kg de butirato de sodio, los resultados mostraron que la suplementación con 1.000 mg/kg de butirato de sodio mejoraron en ($P<0.05$) el rendimiento del crecimiento, la reduccción $P(<0.05)$ del total de los recuentos viables del intestino en *Clostridium* y *E. Coli*, se mostro una mayor altura de las vellosidades. Los resultados indicaron que el butirato de sodio es eficaz en la mejora del crecimiento y la morfología intestinal de los cerdos destetados.

Otro estudio realizado por H.Lu, S.Su, y K. M. Ajuwon 2012 utilizo butirato de sodio en la suplementación de cerdas gestantes y lechones al mejorar el rendimiento en el crecimiento. La suplementación con butirato en lechones desde el dia 4 despues del nacimiento aumentó ($P<0.05$) ganancia diaria de peso hasta el destete en un 13% en comparación con los cerdos de control. Los lechones de

cerdas suplementadas con butirato durante la gestación tenían una mayor ganancia diaria de peso.

También se han encontrado trabajos en especies como en aves donde el butirato es reconocido por su efecto directo sobre la secreción de mucina, principalmente por su efecto antibacteriano sobre enteropatógenos gramnegativos, como *E. coli*, y *Salmonella spp.*, grampositivo como *clostridium spp* (Sánchez et al., 2011)

La digestibilidad de los cerdos evaluada en la etapa de desarrollo se presenta en el cuadro 8. Para la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y proteína cruda mejoraron ($P < 0.05$) esto se debe a que al adicionar butirato de sodio al alimento mejora la fisiología natural del animal al proveer de nutrientes esenciales a las células intestinales, mejorando la absorción de nutrientes y reforzando los efectos de los componentes de la dieta en períodos críticos (Norel 2014). En extracto etéreo no existió efecto.

CONCLUSIONES

Puedo concluir que la adición de butirato de sodio mejoro los parámetros productivos de los lechones en la etapa de inicio, crecimiento y desarrollo mostrando tendencias positivas en las variables de ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y digestibilidad.

Butirato de sodio puede ser utilizado como un promotor de crecimiento en granjas para mejorar sus incides de crecimiento además de que gracias a su efecto en la salud intestinal puede evitar enfermedades en el aparato digestivo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Andrea P, Mauro M, Casadei G, Gatta PP, Biagi G, Prandini A. 2009. Interés del uso del butirato en piensos de cerdo. Pág. 1-2, Nutrition informa.

Alle G. L., and Touchette.1999. Efectos de la nutrición sobre la salud intestinal y el crecimiento de lechones. Avances en Nutrición y Alimentación animal. Capítulo 6. FEDNA 99, 125 – 144. Consultado el día 6 de agosto de 2013. Link: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/99CAP6.pdf>

Campabadal, D. C. 2009. Guia Técnica para Alimentación de Cerdos. Pág.38-46
Imprenta nacional,

Cummings, JH., & Macfarlane, GT. 1991. The colonic flora, fermentation and large bowel digestive function. Philips SF Pemberton JH Shorter RG eds. The colonic flora, fermentation and large bowel digestive function. The large intestine: physiology, pathophysiology, and disease. pp:51-91 Raven Press New York.

De los Cagigos L, Blanco E. 2002. Prebióticos y probióticos una relación beneficiosa. Disponible en <http://www.geosalud.com/Nutrición/preprobioticos.htm>. Consultado el 20 de julio de 2016.

Domokos, M., Jakus, J., Szeker, K., Cszinszky, R., Csiko, GY., Neogrady, ZS., Csordas, A., & Galfi, P. 2010. Butyrate-induced cell death and differentiation are associated with distinct patterns of ROS in HT29-derived human colon cancer cells. Digestive Diseases and Sciences. **55**:920-30.

ENGORMIX. 2011. Etapas alimenticias del cerdo para abasto. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-porcicultura/nutricion/articulos/los-malos-entendidos-uso-t3446/141-p0.htm>. Consultado el 11 de Mayo de 2015.

EDIFAR. 2005. Alimentación básica del cerdo. Disponible en: http://www.edifarm.com.ec/edifarm_quickvet/pdfs/articulos_tecnicos/ALIMENTACION%20BASICA%20CERDO.pdf Consultado el 25 de Marzo de 2015.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. División de estadísticas. Disponible en: <http://faostat.fao.org> Consultado 20 de Marzo de 2015.

Galfi, P., Veresegyhazy, T., Neogrady, S. & Kutas, F. 1981. Effect of sodium normal-butyrate on primary ruminal epithelial-cell culture. *Zentralblatt fur Veterinarmedizin Reihe A*. **28**:259-261.

Garczarczyk, D., Szeker, K., Galfi, P., Csordas, A., & Hofmann, J. 2010. Protein kinase C γ in colon cancer cells: expression, Thr514 phosphorylation and sensitivity to butyrate-mediated upregulation as related to the degree of differentiation. *Chemico-biological interactions*. **185**:25-32.

Gutiérrez V, C, A. 1998. Los ácidos orgánicos de cadena corta en el centro de investigaciones en Norteamérica. *Revista AMMVEPE* 9 (1) : 09-12.

Hernandez, J, M,, Rojo, R, R,, & Avilés, F, N. 2014. Metodologías y aplicaciones para la Producción ganadera del Trópico seco en el sur del Estado de México. México, DF: Gernika.

H. Lu, S. Su, and K. M. Ajuwon. 2012. Butyrate supplementation to gestating sows and piglets induces muscle and adipose tissue oxidative genes and improves growth performance. *J. Anim. Sci.* 90:430-430.

J.J. Lu, X.T. Zou and Y.M. Want. 2008. Effects of sodium butyrate on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling. Supported by Science and Technology Project of Haining City, Project I 20507

Le Gall Maud, Gallos M, Séve B, Louveau I, Holst Jen J., Oswald I P., and Guilloteau P. 2009. Comparative effect of orally administered sodium butyrate weaning on growth and several indices of gastrointestinal biology of piglets. *British Journal of Nutrition* 102 (09), pp 1285 – 1296; DOI: 10.1017/S0007114509990213, Published online: 01-06-2009. Link (URL recortada): <http://goo.gl/ljMcCv>

- Parra J, G. A. 2008. Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. Colombia .
- Puyalto M. 2015. Manterimiento de la salud para la eficiencia en la producción porcina. NOREL Animal nutrition. Boletín técnico N° 43 Madrid.
- Leopoldo, A. E. 1960. El cerdo, su cría y explotación. México: Continental.
- Pryde, S.E., Duncan, S.H., Hold, G.L., Stewart, C.S. & Flint, H.J. 2002. The microbiology of butyrate formation in the human colon. FEMS Microbiol Letters. 217:133-139.
- Norel. 2014. Gustor BP 70. Disponible en: www.norel.es. Consultado el 26 de Febrero de 2015.
- Ranilla, M. D. 2002. Los aditivos, Antibióticos, Promotores del Crecimiento de los Animales:Situación Actual y Posibles Alternativas. *Albeitar*, 1-1.
- SAGARPA. 1998. Importancia de la producción de carne de porcino en México. Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/5/sitbov04.pdf> Consultado el 3 de agosto de 2015.
- SAGARPA. 2011. Ganadería; estudio de la situación actual y perspectivas. Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/5/sitbov04.pdf>. Consultado 18 de Marzo de 2015.
- Sánchez HI, Posadas HE, Sánchez RE, Fuente MB, Laparra V JL, Ávila GE. 2011. Efecto de butirato de sodio sobre algunos parámetros productivos de gallinas de postura en semilibertad. Vet. Méx., 42 (3)
- Soraci AI, A. F. 2010. Uso estratégico de Aditivos: Impacto sobre el equilibrio y salud gastrointestinal del lechón. 6-9.

Szylit, O. & Andrieux, C. 1993. Physiological and pathophysiological effects of carbohydrate fermentation. *World Review of Nutrition and Dietetics*, **74**:88-122.

Topping, D.L. & Clifton, P.M. 2001. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews* 81:1031-1064.

Vanderhaegen, J. 1997. *Manual del Porcicultor*. Zaragoza (España): Acribia, S.A.

Wächtershäuser, A. & Stein, J. 2000. Rationale for the luminal provision of butyrate in intestinal diseases. *Eur J Nutr.* **39**:164–171.

R-23.A0430/13



CERTIFICADO DE ANÁLISIS / CERTIFICATE OF ANALYSIS

Producto /Product: Acidificante fisiológico
Physiological acidifier

Marca /Brand: GUSTOR BP-70

Referencia /Reference: 435167

Composición/Composition:
Sales sódicas de ácidos grasos alimenticios protegidas por grasas de origen vegetal. Butirato sódico min 70%.
Sodium salts of food dietary fatty acids protected by vegetable fat. Sodium butyrate min 70%

Descripción/Description:
Granulo de fácil adición en piensos y correctores.
Granule easy addition in feed and premixes

Uso /Use :
Pienso complementario. Utilización reservada exclusivamente a la fabricación de alimento para animales.
Complementary feed. Usage for animals feeds production exclusively

Lote /Batch Nº C0327/13

Fecha de Fabricación/Manufacturing Date 26/08/2013

Fecha de Caducidad /Expiry Date 2 años a partir de la fecha de fabricación
2 years from manufacturing date

RESULTADOS ANALITICOS / ANALYTICAL RESULTS

Análisis / Analysis Método / Method	Resultado Result	Especificación Specification
pH (10%) PNT-LL-003	9,00	>7
Cenizas % (500 °C) / Ashes % (500 °C) PNT-LL-012	36,00	36-39%
Butirato Sódico (%) / Sodium Butyrate (%) PNT-LL-017	70,00	>70

Control de Calidad / Quality Control
06/10/2014

Nota/ Note

Este certificado se obtiene a través del ordenador central y es válido sin firma
This certificate is from the central computer and is valid without a signature.

NOREL, S.A.

Oficina Central y Pedidos
Jesús Aprendiz 19. 1ª A y B
28007 Madrid - SPAIN
Tel. +34 91 501 40 41
Fax +34 91 501 46 44

Planta de Grasas y Aditivos
Ctra. Pla de Sta. María Km. 2.5
43800 VALLS (Tarragona) SPAIN
Tel. +34 977 60 19 20
Fax +34 977 61 26 19

Planta de Aditivos
Pol. Ind. Can Coll. e Industria. 1
08185 LLIÇA DE VALL
(Barcelona) SPAIN
Tel. +34 93 843 91 28
Fax +34 93 843 60 32

Planta de Biotecnología
Pol. Ind. de León c/2 Pared. G. 32
24231 ONZONILLA (León) SPAIN
Tel. +34 987 21 42 51
Fax +34 987 20 53 05

Planta de Fisiológicos
Pol. Ind. Penarubia
Ctra. Nac. 420 Km. 508
16300 CANETE (Cuenca) SPAIN
Tel. +34 969 35 79 00
Fax +34 969 35 79 02

www.norel.es