

Efectos de dos tipos de dietas y un producto de levaduras en el rendimiento, digestibilidad de nutrientes, morfología intestinal y composición de la carcasa de cuyes (*Cavia Porcellus*)

E. A. Idrobo, K. M. Boada, P. X. Falconí, y C. H. Ponce.

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Sangolquí, Ecuador

RESUMEN— La investigación consistió en evaluar los efectos de un producto de levadura (Celmanax) y dos tipos de dieta en el rendimiento, digestibilidad de nutrientes, morfología intestinal, composición de la carcasa y masa visceral de cuyes. Ochenta y ocho cuyes (PV= 453.21g ± 21.90g) fueron distribuidos en 24 pozas durante un período de alimentación de 69 d. Los tratamientos se dispusieron en un arreglo factorial 2x2 que incluyó una dieta a base de Concentrado (C) o una dieta mixta de concentrado y forraje (M) y la suplementación de Celmanax (Ce, 0 ó 0.1% de la dieta BS). No se registraron interacciones de dieta x Ce en las variables medidas (P ≥ 0.157). El tratamiento M obtuvo mayor CMS, GDP y mejor CA (P < 0.001). La suplementación de Ce aumentó el CMS y mejoró la CA durante los primeros 49 días (P ≤ 0.048). En el rendimiento general no se registró efecto (P ≥ 0.247). La digestibilidad de grasa fue mayor para C (P < 0.001), y la digestibilidad de fibra bruta se redujo (P = 0.004). La digestibilidad de nutrientes no fue alterada por la suplementación Ce (P ≥ 0.285). En el perfil de ácidos grasos no se registraron diferencias entre tratamientos (P ≥ 0.053). La relación entre n-3: n-6 de ácidos grasos fue mayor para los animales alimentados con M (P = 0.019). La altura de las microvellosidades y la profundidad de las criptas se incrementaron por la suplementación Ce (P ≤ 0.019). Los animales alimentados con la dieta M tuvieron una mayor profundidad de criptas (P = 0.05). Los resultados indican que la dieta mixta muestra mejores efectos en el rendimiento y en la composición de la carcasa, la suplementación con Celmanax mejora los aspectos relacionados con el rendimiento y la morfología intestinal.

Palabras Clave—Cuyes; Tipo de dieta, Producto de levaduras.

ABSTRACT— An experiment was conducted to evaluate the effects of a yeast culture/enzymatically hydrolyzed yeast product (Celmanax ; Varied Industries Corp., Inc., Mason City, IA) and a diet type on performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, carcass composition and visceral organ mass by guinea pigs. Eighty eight guinea pigs (initial BW = 453.21 g ± 21.90 g) were group fed in 24 pens during a 69 d feeding period. Treatments were arranged in a 2 x 2 factorial and included a concentrate diet (C) or a mixture of forage and concentrate diet (M) and supplementation of Celmanax (Ce, 0 or 0.1% of diet DM). No type of diet x addition of Ce interactions were detected

in any variable measured (P ≥ 0.157). Animals fed the M treatment had greater CMS, ADG, and improved G:F during the feeding period (P < 0.001). Supplementation of Ce had greater CMS and improved G:F during the first 49 d of the experiment (P ≤ 0.048). However, overall performance was not altered by Ce supplementation (P ≥ 0.247). Fat digestibility was greater for C (P < 0.001), and crude fiber digestibility was decreased (P = 0.004) compared to M. Nutrient digestibilities were not altered by Ce supplementation (P ≥ 0.285). Feeding M increased dressing percent, empty body weight, fractional mass of: liver, large intestine, portal drained viscera, and total splanchnic tissue (P ≤ 0.019) compared to C. Carcass characteristics and visceral organ mass were not altered by Ce supplementation. Fatty acid profile from adipose tissue was not different across treatments (P ≥ 0.053). The relation between n-3:n-6 fatty acids was greater for animal fed M compared to C (P = 0.019). Villus height and crypt depth were increased by Ce supplementation (P ≤ 0.019). Animals fed M diet had greater crypt depth (P = 0.05). Results indicate that feeding a mixture of forage and a concentrate diet results in positive effects in performance and carcass characteristics, and supplementation of Celmanax may have positive effects on performance and intestinal characteristics under both feeding regimens.

Key words: diet type, guinea pig, yeast product

I. INTRODUCCIÓN

La producción cavícola en el Ecuador constituye un importante rubro dentro de la producción pecuaria a nivel nacional, esta se ve respaldada con la alta demanda que la carne de cuy tiene, en el país. En Ecuador existen 5'067.049 de cabezas de cuy distribuidas en 337.423 Unidad de Producción Agrícola (UPA) [1]. La obtención de dietas eficientes, es uno de los principales desafíos que enfrentan los productores dedicados a la explotación de cuyes, pues el rubro de alimentación dentro de una explotación pecuaria representa más del 60% de los gastos de producción en las explotaciones cavícolas [2]. En Ecuador la carne de cuy representa uno de los principales productos que garantizan la soberanía alimentaria dado a su alto contenido proteico (20%) [3], así mismo se demanda de carne de calidad que nutra y aporte a la salud de quienes la consumen y para obtener carne que cumpla con

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

estos parámetros, es necesario tecnificar las explotaciones, en el país el 50% de explotaciones cavícolas son tradicionales, el 45% son semi tecnificadas y solo un 5% son tecnificadas [4]. El propósito de esta investigación fue determinar los efectos de dos manejos nutricionales (i.e. forraje vs concentrado), un producto de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y su interacción; en el rendimiento, conformación de carcasa, y salud digestiva del cuy.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Distribución de los animales y tratamientos

En el experimento 88 cuyes de línea Perú de peso inicial $453.21\text{g} \pm 21.90\text{g}$ fueron distribuidos en 6 bloques en base a pesos homogéneos. Los 6 bloques conformados fueron distribuidos distribuyeron de la siguiente forma: Bloques 1 al 4, 4 animales/poza, y bloques 5 y 6; 3 animales/poza. Cada bloque estuvo conformado por pozas contiguas cuyas unidades experimentales estaban formadas por el número de animales previamente descrito. Cada animal tuvo un espacio de 0.38 y 0.50 m^2 para las pozas que contienen 4 y 3 animales, respectivamente. Cuando los animales se encontraron ubicados en las diferentes pozas se procedió a asignar aleatoriamente a 1 de 4 tratamientos dentro de cada bloque. Los tratamientos consistieron en dos tipos de dietas: Solo concentrado (C) y forraje (Mezcla forrajera de Alfalfa y Ray Grass 1/1) + concentrado (M) estas dietas fueron o no suplementadas con Celmanax (Ce) en una dosis del 1% del concentrado. Los ingredientes del concentrado se muestran en la Tabla 1.

TABLA I. INGREDIENTES DEL CONCENTRADO UTILIZADO.

Ingredientes	% dieta
Maíz molido	23.0
Soya	22.0
Afrecho de Trigo	17.5
Palmiste	32.5
Melaza	3.75
Pre mezcla	
Fosfato Mono cálcico	0.10
Promotor de Crecimiento	0.10
Atrapante de Toxinas (Toxiban)	0.10
Vitaminas	0.10
Antimicótico (Mikocap)	0.07
Fítasa	0.07
Sal común	0.60
Metionina	0.06
Lisina	0.05
TOTAL	100.0

Manejo del experimento.

Los animales ingresaron al experimento, pesados, lotizados, identificados y ubicados aleatoriamente en los diferentes tratamientos y repeticiones, desde este momento empezó el experimento. Inicialmente, los animales fueron expuestos a un período de adaptación de 4 días, hasta llegar al nivel de sus dietas experimentales respectivas. Los animales que recibían una dieta mixta recibieron durante los dos primeros días una oferta de 80% de forraje y un 20% de concentrado y a partir del tercer día una oferta de 50% balanceado y 50% forraje, de esta

manera se estabilizó completamente esta dieta. Los animales que recibieron la dieta basada completamente en balanceado tuvieron un programa que consistió en que el primer día recibieron 80% balanceado y 20% forraje, el segundo día 50% forraje y 50% balanceado, el tercer día 20% forraje y 80% balanceado y finalmente el cuarto día recibieron 100% balanceado. Los Animales fueron alimentados una vez al día a un horario constante (08:00 horas), el alimento se entregó en raciones pesadas y ajustadas a cada posa de los tratamientos, se les proporcionaba el forraje (en el caso de los tratamientos que recibían forraje) y el balanceado simultáneamente. Diariamente, datos de consumo de materia seca (CMS) y semanalmente se pesaba a los animales para determinar la ganancia diaria de peso (GDP). Además de esto los animales de todos los tratamientos recibieron agua *ad libitum*. Para la evaluación de la digestibilidad aparente, diez días antes del faenamiento se colectaron las excretas durante 5 días consecutivos ($n= 3$ animales/tratamiento). Se obtuvo tres muestras compuestas por cada uno de los tratamientos dentro de cada bloque. La recolección se realizó dejando la poza sin tamo y la recolección fue manual, para evitar contaminación de las muestras. Posterior a esta recolección se volvió a colocar el tamo y se continuó con las actividades hasta el faenamiento.

Análisis de Variables.

Cuando los animales alcanzaron un peso comercial promedio de 1300 gr, se procedió a faenar 24 animales (aleatoriamente, 1 animal/ poza), esto sucedió a los 69 días de haber iniciado el experimento, es decir los animales tenían aproximadamente 100 días de edad. Para el rendimiento se utilizaron los datos tomados diariamente a lo largo del experimento. El consumo de materia seca fue determinado mediante la división del consumo de alimento para el número de animales. La ganancia diaria de peso fue obtenida entre el peso adquirido por el animal menos el peso inicial ajustado por el número de animales dentro de cada poza y por los días del experimento. La conversión alimenticia fue calculada mediante la división entre el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso dentro de un mismo periodo.

Para la variable digestibilidad aparente se colectaron las excretas de los animales por cada una de las pozas de 3 bloques durante 5 días consecutivos (del día 58 al día 62 del experimento), se analizó cuanto consumieron los animales y cuanto excretaron, diariamente. Las excretas recolectadas fueron almacenadas y debidamente identificadas por poza y tratamiento para posteriormente ser secadas en un horno (Marca Yamato, Modelo DX 600) a una temperatura $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas, una vez secas las excretas se procedió a generar una muestra compuesta. Las muestras del forraje y balanceado recolectadas semanalmente (las muestras de balanceado así como las de la mezcla forrajera fueron mezcladas formando una sola muestra compuesta) fueron secadas en un horno (Marca Yamato, Modelo DX 600) a una temperatura $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. La molienda se la realizó en un molino (Marca Thomas Scientific, modelo 3383 -LI0 y a un tamaño de partícula de 0.841 mm y finalmente se procedió a realizar un análisis proximal completo Materia Seca, materia orgánica, mediante el método GRAVIMETRICO PEE/L - B/01, extracto etéreo mediante el método HIDRÓLISIS + SOXHLET, fibra cruda mediante el método GRAVIMETRICO PEE/L - B/01 y

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

proteína cruda mediante el método KJELDAHL PEEL – B/02) en los laboratorios de AGROCALIDAD, estos datos de la composición de las excretas fueron necesarios para determinar los nutrientes absorbidos y no absorbidos en las dietas de los diferentes tratamientos.

Para la composición de la carcasa, al día 69 del experimento a las 09:00 a.m. se procedió a faenar a 24 animales, los mismos que se encontraban en ayunas este proceso fue realizado mediante el degollé, desangre, escaldado, pelado, lavado y eviscerado de los animales. Se eligió al azar un animal por cada poza, es decir se tuvo en total 24 animales faenados de los cuales se extrajo los órganos para determinar el porcentaje de rendimiento a la canal. Posteriormente se extrajo una muestra de tejido muscular del músculo cutáneo del tronco y otra de tejido adiposo subcutáneo (las dos muestras fueron tomadas de la parte inferior de las costillas del lado derecho). Para mantener la integridad de los tejidos inmediatamente después de ser extraídos del animal se procedió a envolverlos en papel aluminio y sumergirlos en nitrógeno líquido, para este proceso se sumergía la muestra que se encontraban en canastillas en el tanque de nitrógeno líquido, este proceso de inmersión tardaba aproximadamente 15 segundos, esto para asegurar el congelamiento completo de las muestras. Las muestras se almacenaron en un ultra congelador (marca Sanyo Scientific, modelo MDF – U5386SC y una temperatura de -90°C) por 16 días y luego fueron enviadas a un laboratorio para que se analice el perfil proteico y perfil lipídico del tejido muscular y adiposo extraídos, respectivamente.

En cuanto a lo que variable de Integridad Intestinal concierne se analizaron diferentes parámetros para establecer la calidad de la integridad intestinal. Simultáneamente al pesaje de órganos realizados, se extrajo líquido duodenal de los 12 animales escogidos y se determinó el pH del mismo con un medidor de pH (Marca Boeco Germany, modelo BT – 600). Así mismo se procedió a extraer un segmento del tercio final del yeyuno de cada uno de los animales para evaluar la altura del *villus* y la profundidad de la cripta; estas muestras estuvieron en un medio Buffer (formol al 10%) en un recipiente hermético con un volumen de 100 ml por 15 días hasta que se fijen los tejidos y posteriormente se analizaron en laboratorio.

Análisis Estadístico

El tipo de diseño experimental consistió en un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 2x2. Se analizó los efectos obtenidos por el uso del producto de levaduras, mediante un análisis de varianza (ANOVA). Las medias se separaron mediante contrastes pre-planeados. Las interacciones entre los tipos de dietas y el producto de levaduras se consideraron estadísticamente significativas a un $P \leq 0.05$, mientras que las medias se declararon diferentes si $P \leq 0.05$ y se estableció tendencias cuando $0.05 > P > 0.1$.

III. RESULTADOS

Mortalidad.

Los datos de mortalidad no fueron sometidos a análisis estadísticos, pero la información obtenida de esta variable se muestra en la tabla 2, cada animal muerto fue sometido a una

necropsia para identificar las causas de la muerte, los porcentajes fueron obtenidos en base al número inicial de animales (22) de cada tratamiento.

TABLA II. MORTALIDAD REGISTRADA.

MORTALIDAD			
Código de Tratamiento	Total de Animales	Animales Muertos	Mortalidad (%)
BSC	22	1	4,55
BC	22	1	4,55
MSC	22	1	4,55
MC	22	2	9,09
TOTAL	88	5	5,68

Los cálculos de las variables así como las dietas de las pozas en las que se registró mortalidad fueron ajustadas, disminuyendo el número de los animales vivos y eliminando la ración alimenticia de los animales muertos.

Desempeño Animal.

Peso Final

Los promedios de peso final están descritos en la Tabla 3, no se registra interacción entre el tipo de dieta y la inclusión o no del prebiótico ($P= 0.467$). Al analizar el peso final con la suplementación del prebiótico sin tomar en cuenta el tipo de dieta (Cuadro 3) tampoco se encuentra significancia estadística ($P= 0.706$), los pesos de los animales que recibieron Celmanax fueron numéricamente mayores en un 0.7%, comparados a los animales que no recibieron Celmanax. En el Cuadro 4, se describe el efecto del tipo de dieta en el peso final de los animales, indicando que los animales que recibieron una dieta mixta tuvieron un peso final superior (i.e. 10%, $P < 0.0001$) al grupo de animales que recibieron solamente balanceado.

Ganancia diaria de Peso (GDP)

La ganancia de peso (GDP) para los periodos intermedios y general se indica en la Tabla 3, No se detectó una interacción entre el tipo de dieta y el prebiótico ($P \geq 0.157$). Cuando se analiza el efecto del prebiótico, encontramos que Celmanax tiene significancia estadística ($P \leq 0.035$) en las semanas 2, 3, 4, 5 y 7, estableciendo que el prebiótico aumento la GDP en 10.5% con respecto a los tratamientos que no recibieron el producto. En la semana 6 y 8 el grupo de animales que consumieron Celmanax tienden a ganar más peso (i.e. 6%; $P \leq 0.092$). La ganancia diaria de peso durante todo el experimento (i.e. día 1 al 69) no fue influenciada por la suplementación de Celmanax ($P=0.293$), sin embargo los animales que consumieron el prebiótico ganaron un 2.4% más que los animales que no recibieron Celmanax. En el efecto del tipo de dieta en la GDP, se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0.021$) en todas las semanas, siendo la dieta mixta la que obtiene un 21 % más de GDP comparado a los animales bajo el régimen de balanceado exclusivamente. Se establece que los animales que fueron suplementados con Celmanax obtienen mejores GDP, la razón puede deberse a que el prebiótico promueve una mejor digestión, aumentando la carga de microorganismos benéficos y previene problemas digestivos. En cuanto a las diferencias de

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

las dietas, los animales con dieta mixta obtienen GDP's más altos, esto se puede deber a que consumen mayor cantidad de MS dado a que esta especie tiene preferencia por los forrajes frente al balanceado y por esto se promueve un mayor ingesta.

Consumo de Materia Seca (CMS).

El CMS es analizado en la Tabla 4, para los períodos intermedios y general se observa que no existe interacción entre tratamientos ($P \geq 0.540$). Sin embargo durante todo el experimento (día 1-69) se observa que los tratamientos con Celmanax superaron en 0.5% a los tratamientos que no recibieron el prebiótico. El impacto del uso del prebiótico, no muestra diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.190$). Numéricamente los tratamientos con Celmanax superaron en a los tratamientos control (i.e. 0.6%). En el efecto del tipo de dieta se muestra, que los tratamientos con dietas mixtas tienen un mayor consumo de materia seca (i.e. 24.9%; $P < 0.0001$). Como se indicó anteriormente los cuyes tienen preferencias alimenticias por los forrajes, es esta la razón por la que los animales que tuvieron dietas mixtas alcanzan valores más altos de CMS, pues no registraban sobranes de forraje en ninguno de los días del experimento.

Conversión Alimenticia

La conversión alimenticia se calculó mediante la comparación del CMS/GDP, estos resultados se muestran en la Tabla 5, donde se determina que no existe interacción entre tratamientos ($P \geq 0.198$). El impacto del prebiótico se refleja que, en los días 1- 14, 21, 28, 49, los tratamientos control tienen conversiones alimenticias más altas con respecto a los tratamientos que recibieron Celmanax (i.e. 10.6%; $P \leq 0.05$). Se observa también que en los días 1 – 35, 42 los tratamientos control tienden a tener conversiones alimenticias más altas con

respecto a los tratamientos con Celmanax (i.e. 6.4%; $P \geq 0.055$). El tipo de dieta y su efecto en los diferentes tratamientos que en los días 1 – 14, 21, las dietas balanceadas obtuvieron conversiones alimenticias más altas (i.e. 19.5%; $P \leq 0.015$). A partir de los días 1 – 49, 56, 63, 69, los tratamientos cuyas dietas eran mixtas registraron conversiones alimenticias más altas con respecto a las dietas balanceadas (i.e. 13.4%; $P \leq 0.002$).

Los resultados del tipo de dieta en el desempeño animal son cotejables con los obtenidos por Camino e Hidalgo [5] y Acosta [6], así mismo el uso de Celmanax indica la misma tendencia obtenida por Gómez y Ángeles [7] y por Gómez Ángeles, Mojica y Jaluka [8].

TABLA III. EFECTO DEL TIPO DE DIETA, PREBIÓTICO CELMANAX Y SU INTERACCIÓN EN LA GDP.

Ítem	Tipo de Dieta ¹				Valor- P^2			
	BC	BSC	MC	MSC	ES ³	D	P	D x P
	g/animal							
Peso Inicial	446.51	469.11	448.21	449.01	21.898	0.411	0.299	0.332
Peso Final	1257.15	1231.96	1369.38	1377.43	31.359	<0.0001	0.706	0.467
	g/animal/día							
GDP ⁴								
Día 1 – 7	9.86	9.17	12.75	11.26	0.966	0.021	0.279	0.684
Día 1 – 14	10.69	8.77	13.41	11.74	0.552	<0.0001	0.005	0.826
Día 1 – 21	11.14	9.54	13.78	12.63	0.497	<0.0001	0.009	0.637
Día 1 – 28	12.13	10.79	14.36	13.57	0.420	<0.0001	0.018	0.505
Día 1 – 35	12.97	11.93	15.70	14.73	0.405	<0.0001	0.024	0.938
Día 1 – 42	12.75	12.00	16.13	15.01	0.450	<0.0001	0.054	0.686
Día 1 – 49	12.60	11.60	15.05	14.48	0.369	<0.0001	0.035	0.533
Día 1 – 56	11.59	10.71	13.71	13.40	0.463	<0.0001	0.092	0.407
Día 1 – 63	11.77	11.17	13.46	13.53	0.371	<0.0001	0.424	0.305
Día 1 – 69	11.75	11.06	13.35	13.46	0.346	<0.0001	0.293	0.157

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

²Valor- P : nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (D x P).

³ES: Error estándar de los tratamientos ($n=6$)

⁴GDP: Ganancia diaria de peso.

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

TABLA IV. EFECTO DEL TIPO DE DIETA, PREBIÓTICO CELMANAX Y SU INTERACCIÓN EN EL CMS.

Ítem	Tipo de Dieta ¹				ES ³	Valor-P ²		
	BC	BSC	MC	MSC		D	P	D x P
CMS ⁴	g/animal/día							
Día 1 – 7	51.75	51.30	55.82	55.23	2.177	<0.0001	0.190	0.856
Día 1 – 14	56.96	56.37	61.12	60.77	2.535	<0.0001	0.367	0.812
Día 1 – 21	56.48	56.06	63.28	62.86	1.837	<0.0001	0.256	0.998
Día 1 – 28	56.30	55.95	67.53	67.22	1.400	<0.0001	0.284	0.943
Día 1 – 35	58.15	57.82	73.48	73.19	1.171	<0.0001	0.339	0.955
Día 1 – 42	60.38	59.90	78.86	78.65	1.033	<0.0001	0.336	0.698
Día 1 – 49	62.18	61.60	82.91	82.70	0.916	<0.0001	0.267	0.600
Día 1 – 56	63.48	62.92	85.78	85.56	0.802	<0.0001	0.248	0.602
Día 1 – 63	64.53	63.95	88.09	87.90	0.731	<0.0001	0.242	0.560
Día 1 – 69	65.36	64.80	89.80	89.62	0.677	<0.0001	0.247	0.540

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

²Valor-P: nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (DxP).

³ES: Error estándar de los tratamientos (n=6)

⁴CMS: Consumo de materia seca.

TABLA V. EFECTO DEL TIPO DE DIETA, PREBIÓTICO CELMANAX Y SU INTERACCIÓN EN LA CA.

Ítem	Tipo de Dieta ¹				ES ³	Valor-P ²		
	BC	BSC	MC	MSC		D	P	D x P
CA ⁴	CMS/GDP							
Día 1 – 7	5.35	6.17	4.51	5.08	0.617	0.138	0.274	0.845
Día 1 – 14	5.43	6.64	4.62	5.19	0.473	0.015	0.046	0.454
Día 1 – 21	5.18	5.97	4.63	4.99	0.327	0.006	0.031	0.385
Día 1 – 28	4.72	5.22	4.72	4.96	0.229	0.460	0.050	0.465
Día 1 – 35	4.54	4.88	4.69	4.98	0.188	0.404	0.055	0.866
Día 1 – 42	4.79	5.01	4.90	5.27	0.179	0.284	0.099	0.687
Día 1 – 49	4.98	5.32	5.53	5.73	0.153	0.002	0.048	0.569
Día 1 – 56	5.56	5.92	6.30	6.42	0.269	0.002	0.167	0.488
Día 1 – 63	5.52	5.74	6.59	6.51	0.199	<0.0001	0.655	0.339
Día 1 – 69	5.59	5.88	6.77	6.68	0.187	<0.0001	0.487	0.198

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

²Valor-P: nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (DxP).

³ES: Error estándar de los tratamientos (n=6)

⁴CA: Conversión Alimenticia.

Digestibilidad de Nutrientes.

Los resultados obtenidos sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes se muestran en la Tabla 6, los valores son presentados en gramos/animal/día.

Consumo de Nutrientes

En el consumo de proteína existe una interacción entre la dieta y el prebiótico ($P= 0.043$). El prebiótico en las dietas balanceadas no muestra efecto, mientras que en la dieta mixta los animales que no recibieron el prebiótico obtuvieron un consumo más alto de proteína. En general, las dietas mixtas tienen mayor consumo de este nutriente comparado con las dietas balanceadas. El consumo de grasa indica una tendencia ($P= 0.059$) a diferir en la interacción, indicando que los valores más altos lo registran las dietas balanceadas sin diferencias dentro de los grupos, mientras que en las dietas mixtas los animales que no recibieron Celmanax tienen mayor consumo

con respecto a los animales que si recibieron el prebiótico. En el consumo de materia seca se observa interacción ($P= 0.044$), la disposición obtenida indica que Celmanax no muestra efecto en las dietas balanceadas, mientras que en las dietas mixtas el tratamiento sin la suplementación del producto obtienen un consumo más alto de M.S. Con respecto al consumo de materia orgánica observa interacción ($P= 0.044$). La disposición de la interacción indica que dentro de las dietas balanceadas no se registra diferencias, mientras que dentro de las dietas mixtas. El consumo de fibra presenta interacción ($P= 0.043$), indicando que los tratamientos con dietas balanceadas no muestran diferencias entre sí, mientras que en las dietas mixtas, el tratamiento sin Celmanax obtiene mayor consumo de fibra cruda que el tratamiento que si fue suplementado con el producto. El consumo de elementos no nitrogenados muestra interacción ($P= 0.046$). De igual manera se observa que Celmanax no influye en las dietas balanceadas, mientras que en las dietas mixtas, el tratamiento sin la suplementación de

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

Celmanax muestra mayor consumo de E.N.N. comparado con el tratamiento que si recibió el prebiótico.

El consumo de nutrientes está directamente relacionado con el CMS, y como se demostró en Cuadros anteriores los animales con dietas mixtas tienen un mayor consumo de MS y por lo tanto van a obtener un mayor CN, esto explica que se encuentren efectos directos en esta variable analizando el tipo de dieta, en cuanto a la suplementación de Celmanax no se observa impacto alguno.

Digestibilidad Aparente de Nutrientes

En la digestibilidad de proteína no se observa una diferencia estadística en el efecto de la dieta ($P= 0.624$), del prebiótico ($P= 0.818$) o su interacción ($P= 0.986$) concluyendo que los tratamientos no son diferentes para la digestibilidad de proteína. La digestibilidad de la grasa no registra interacción ($P= 0.291$) entre dieta y prebiótico. El tipo de dieta tuvo un efecto en la digestibilidad de la grasa ($P< 0.0001$), la dieta balanceada tuvo una digestibilidad superior 13% a las dietas mixtas. El prebiótico no tuvo efectos en la digestibilidad de la grasa ($P= 0.285$). En cuanto a la obtención del porcentaje de digestibilidad de la materia seca se observa que no existe una diferencia estadística en el efecto de la dieta ($P= 0.221$), del prebiótico ($P= 0.703$) o su interacción ($P= 0.865$) denotando que los tratamientos no son diferentes para la digestibilidad de la materia seca. En la digestibilidad de la materia orgánica no

se muestran efectos del tipo de dieta ($P= 0.205$), la suplementación de Celmanax ($P= 0.907$) o su interacción ($P= 0.980$). En la digestibilidad de la fibra no se observa interacción ($P= 0.840$). El tipo de dieta muestra significancia estadística ($P= 0.004$) demostrando que las dietas mixtas superaron en 34.1% en la digestibilidad de fibra frente a las dietas balanceadas. El prebiótico no registra diferencias estadísticas significativas ($P= 0.309$). El porcentaje de digestibilidad para los elementos no nitrogenados no se observa interacción ($P= 0.857$). La dieta balanceada muestra una tendencia ($P= 0.062$) a tener un 7.5% de digestibilidad de ENN mayor a las dietas balanceadas. No se observan efectos de la utilización de Celmanax ($P= 0.803$)

La digestibilidad se ve afectada únicamente en grasa y fibra entre los tipos de dieta, lo cual se debe a que la dieta balanceada tiene niveles más altos de grasa, mientras que el forraje posee un nivel de fibra más alto respecto al balanceado. La suplementación de Celmanax no registró efecto en la digestibilidad de nutrientes.

Los efectos obtenidos en el consumo y digestibilidad de nutrientes siguen la tendencia que muestran las investigaciones realizadas por Aguirre [9], Guacho [10], Gómez y Ángeles [7] y Gómez, Ángeles, Mojika y Jaluka [8]

TABLA VI. EFECTO DEL TIPO DE DIETA, PREBIÓTICO CELMANAX Y SU INTERACCIÓN EN EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES

Ítem	Tipo de Dieta ¹				ES ³	Valor-P ²		
	BC	BSC	MC	MSC		D	P	D x P
C.N. ⁴	g/animal/día							
Proteína	18.21 ^c	18.20 ^c	29.77 ^b	30.98 ^a	1.656	<0.0001	0.173	0.043
Grasa	6.44 ^a	6.44 ^a	5.60 ^c	6.03 ^b	0.461	0.501	0.352	0.059
M.S.	113.03 ^c	112.98 ^c	165.35 ^b	172.89 ^a	9.694	0.001	0.194	0.044
M.O.	104.52 ^c	104.47 ^c	151.74 ^b	158.72 ^a	8.931	0.001	0.195	0.044
Fibra	12.46 ^c	12.45 ^c	30.22 ^b	31.05 ^a	1.476	<0.0001	0.125	0.043
E.N.N.	67.41 ^c	67.38 ^c	86.16 ^b	90.66 ^a	5.166	0.004	0.225	0.046
Digest. ⁵	%							
Proteína	76.13	75.51	77.32	76.79	2.384	0.624	0.818	0.986
Grasa	93.06	95.59	83.48	83.50	1.088	<0.0001	0.285	0.291
M.S.	79.79	78.31	75.82	75.25	2.572	0.221	0.703	0.865
M.O.	80.54	80.31	77.21	76.86	2.382	0.205	0.907	0.980
Fibra	52.07	48.71	70.06	65.13	3.734	0.004	0.309	0.840
E.N.N.	85.80	85.99	79.28	80.46	2.625	0.062	0.803	0.857

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax). ^{a-c} Las medias con superíndices no comunes indican diferencia estadística ($P \leq 0.0561$).

²Valor-P: nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (D x P).

³ES: Error estándar de los tratamientos ($n=3$)

⁴CN: Consumo de nutrientes durante los 5 días de evaluación (día 58 – 62 del experimento).

⁵Digest: Digestibilidad de nutrientes.

Morfología Intestinal.

Las mediciones de la morfología intestinal se muestran en la Tabla 7. En la *Longitud Promedio de las Microvellosidades analizadas en el tercio final del yeyuno (LPM)*. No existió interacción entre la dieta y el prebiótico ($P= 0.665$). Animales que recibieron Celmanax superan en 22.23% en LPM a las mediciones registradas por los tratamientos control ($P= 0.019$). El efecto del tipo de dieta se muestra no indica diferencia estadística entre ambos regímenes de dietas ($P= 0.828$). En la *Profundidad promedio de las criptas analizadas en el tercio final del yeyuno (PPC)*, no muestran interacción entre

tratamientos ($P= 0.282$). Cuando se analizó el impacto de la inclusión o no del prebiótico en la PPC se encontró que los tratamientos que recibieron Celmanax registraron valores de criptas más profundas en 27.59% ($P= 0.002$). El efecto de la dieta indica que existen diferencias estadísticas significativas ($P= 0.050$), los tratamientos que tuvieron una dieta mixta superaron en 12.9% en profundidad de criptas con respecto a las dietas balanceadas. En el *p.H. del líquido presente en el yeyuno (p.H. del LY)*, no se registró una interacción entre el tipo de dieta y la inclusión de Celmanax ($P= 0.182$), El tratamiento MSC obtuvo un p.H de 7.62, los tratamientos MC y BSC presentan un pH de 7.49 de p.H., mientras que el tratamiento BC tuvo un pH de 7.18 Cuando se analiza la

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

influencia del uso del prebiótico, se obtiene que este registra una diferencia estadísticamente significativa ($P= 0.003$), los tratamientos que fueron suplementados con Celmanax obtuvieron un p.H. de 7.33 mientras que los tratamientos control tuvieron un valor de 7.56. Cuando se analizó el efecto del tipo de dieta, se encontró significancia ($P= 0.004$), determinando que existe diferencias entre los tipos de dietas, los tratamientos que recibieron una dieta Mixta obtuvieron un pH de 7.56, mientras que los la dieta balanceada tuvo un pH de 7.33. Los microorganismos benéficos, especialmente los de la familia *Lactobacillus* tienden a acidificar el pH de lumen intestinal, y de esta manera aceleran las reacciones bioquímicas promoviendo una mejor digestión de alimentos [11]. Cuando se suministra Celmanax se mejora el equilibrio de la microflora intestinal, por ende aumentan los microorganismos acidificadores y es por esto que los tratamientos que recibieron el prebiótico presentan un pH más ácido respecto a los tratamientos control.

TABLA VII. EFECTO DEL TIPO DE DIETA Y PREBIÓTICO EN LA LONGITUD PROMEDIO DE LAS MICROVELLOSIDADES (LPM), LA PROFUNDIDAD PROMEDIO DE LA CRIPTA (PPC) Y EL PH DEL LÍQUIDO DEL YEYUNO (PH DEL LY).

Ítem	Tipo de Dieta ¹				ES ³	Valor-P ²		
	BC	BSC	MC	MSC		D	P	D x P
	µm.							
LPM ⁴	120	95	118	100	7.407	0.828	0.019	0.665
PPC ⁵	30	22	32	27	1.443	0.050	0.002	0.282
	pH							
pH ⁶	7.18	7.49	7.49	7.62	0.073	0.004	0.003	0.182

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

²Valor-P: nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (DxP).

³ES: Error estándar de los tratamientos ($n=3$)

⁴LMP: Longitud promedio de las microvellosidades analizadas en el tercio final del yeyuno.

⁵PPC: Profundidad promedio de las criptas entre vellosidades analizadas en el tercio final del yeyuno.

⁶p.H: p.H. del líquido presente en el yeyuno.

Los efectos de Celmanax en esta variable se cotejan con los obtenidos por [8, 11]

Composición de la Carcasa

Para evaluar la composición de la carcasa se procedió a realizar el perfil lipídico y el perfil de aminoácidos.

Perfil de Aminoácidos.

Dado a que no existió replicas en este perfil no es posible realizar una análisis estadístico, en la Tabla 8 se muestra los aminoácidos obtenidos.

TABLA VIII. AMINOÁCIDOS ENCONTRADOS EN EL MÚSCULO CUTÁNEO DEL TRONCO DEL SEGMENTO INFERIOR DE LAS COSTILLAS.

Ítem	¹ Tipo de Dieta			
	BC	BSC	MC	MSC
	gAA/100gr Base Seca			
Ácido Aspártico	8.06	7.69	5.05	7.89
Ácido Glutámico	14.00	18.61	9.54	14.96
Serina	4.47	2.44	2.93	3.93
Histidina	4.22	4.52	2.38	4.64
Treonina	6.02	3.80	3.94	3.81
Glicina	2.63	2.61	1.54	2.85
Arginina	2.53	4.21	2.36	4.22
Alanina	4.99	2.32	2.51	2.42
Tirosina	2.71	10.49	2.33	10.59
Valina	2.69	2.50	2.54	2.42
Metionina	0.25	0.27	0.48	0.19
Fenilalanina	3.79	3.52	1.15	3.41
Isoleucina	5.24	5.35	1.51	2.98
Leucina	4.41	3.89	3.72	4.98
Lisina	6.53	8.92	4.54	8.26
Proteína Verdadera	72.55	81.15	46.52	77.57

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

Perfil Lipídico

En la Tabla 9 se analiza el efecto del tipo de dieta, la utilización de prebiótico y su interacción, no se observa diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.203$, $P \geq 0.255$ y $P \geq 0.182$ respectivamente) con excepción de la Relación n-3/n-6 donde existe un efecto del tipo de dieta ($P= 0.019$). Adicionalmente, el Ácido Araquidónico tiende a ser superior en animales suplementados con celmanax ($P= 0.053$). A pesar de que no existe diferencias estadísticas significativas existen claras diferencias numéricas, el hecho que no exista significancia se puede deber al reducido número de observaciones (2). Cuando se analiza la utilización de prebiótico se establece que no existen diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.255$), excepto en el Ácido Araquidónico donde este muestra una tendencia a diferir ($P= 0.053$). Se indica con mayor claridad las diferencias numéricas que se observaron en los tratamientos que fueron adicionados Celmanax obtuvieron valores más altos en todos los ácidos grasos comparado con los tratamientos que fueron control. En el efecto de la dieta no se observa significancia ($P \geq 0.203$), excepto en la Relación n-3/n-6 donde se refleja una diferencia ($P= 0.019$) y se demuestran las diferencias numéricas que posee el perfil lipídico entre las diferentes dietas. La dieta mixta obtuvo los valores más altos de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados con un total de 77.48 mg/g., 51.86 mg/g. y 54.82 mg/g respectivamente versus 53.06 mg/g., 39.44 mg/g. y 30.92 mg/g. respectivamente de los tratamientos control.

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador

TABLA IX. EFECTO DEL TIPO DE DIETA, PREBIÓTICO CELMANAX Y SU INTERACCIÓN EN EL CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES

Ítem	Tipo de Dieta ¹				Valor-P ²			
	BC	BSC	MC	MSC	ES ³	D	P	D x P
Perfil Lipídico	mg/g							
Ácido Láurico	12.94	0.95	11.60	1.79	8.21	0.97	0.25	0.90
Ácido Mirístico	13.96	1.49	14.89	4.92	9.52	0.83	0.30	0.90
Ácido Palmítico	54.99	8.68	71.40	28.89	40.89	0.67	0.33	0.96
Ácido Palmítico - cis 9	2.44	0.61	3.70	1.96	2.11	0.56	0.44	0.98
Ácido Margárico	0.21	<0.0001	1.45	0.42	0.68	0.29	0.41	0.58
Ácido Esteárico	9.21	2.41	2.49	5.90	3.16	0.63	0.62	0.18
Ácido Oleico - cis 9	65.93	9.28	8.42	30.08	29.22	0.56	0.58	0.25
Ácido Linoleico - cis-cis	45.07	5.74	44.23	19.17	28.19	0.83	0.31	0.81
Ácido Linoléico	6.75	0.55	31.31	11.23	15.70	0.32	0.45	0.68
Ácido Araquidónico	0.92	0.31	0.88	0.29	0.21	0.90	0.05	0.97
Total Omega 3	8.25	0.85	32.36	11.67	15.99	0.33	0.43	0.69
Total Omega 6	46.19	6.56	45.12	19.46	28.13	0.84	0.31	0.81
Total Omega 9	68.99	9.90	71.68	32.04	45.57	0.79	0.34	0.84
Relación n-6/n-3	6.89	7.14	1.88	1.69	9.17	0.02	0.81	0.78
Total Saturados	92.59	13.54	112.61	42.36	65.7	0.72	0.32	0.95
Total Insaturados	123.29	17.31	150.00	63.39	88.21	0.70	0.33	0.91
Total Monoinsaturados	68.99	9.90	71.68	32.04	45.57	0.79	0.34	0.84
Total Poliinsaturados	54.44	7.41	78.30	31.34	43.00	0.60	0.33	0.99
Total AGAPs ⁴	1.07	0.40	0.33	0.24	0.29	0.20	0.26	0.38

¹Tipo de Dieta: BC (Balanceado con Celmanax), BSC (Balanceado sin Celmanax), MC (Mixta con Celmanax), MSC (Mixta sin Celmanax).

²Valor-P: nivel de significancia observado entre los tratamientos. (Interacción incluida) Dieta x Prebiótico (DxP).

³ES: Error estándar de los tratamientos (n=2). ⁴AGAPs: Ácidos grasos altamente poliinsaturados.

IV. CONCLUSIONES

En la variable desempeño animal, la dieta mixta muestra mejores efectos que la dieta a base de concentrado en todos los parámetros, Celmanax mejora estos parámetros las primeras semanas de la fase de crecimiento. La dieta mixta registra mejor consumo de nutrientes, y favorece a la digestibilidad de fibra comparada con la dieta balanceada. Celmanax mejora la morfología intestinal promoviendo el crecimiento de las microvellosidades y mostrando criptas más profundas. Resultados de esta investigación proveen datos preliminares y novedosos del perfil nutricional de la composición de ácidos grasos y aminoácidos del tejido adiposo y muscular, respectivamente del cuy, que requieren ser ampliados en investigaciones futuras.

V. REFERENCIAS

- [1] INEC. (2012). III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. Obtenido de SINAGAP: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-nacionales/file/287-45-otras-especies-existent-por-tamano-de-upa?start=40>
- [2] Aliaga, L. Caycedo, A. Moncayo, R. & Rico, E. (2009). Nutrición y Alimentación. En Producción de Cuyes (págs. 295-395). Fondo Editorial UCSS.
- [3] Chauca, L. (1997). Nutrición y Alimento. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/docrep/W6562S/w6562s00.htm#TopOfPage>
- [4] Moncayo, R. (2009). El cuy en Ecuador. Seminario Internacional de Cuyes. Huancayo.
- [5] Camino, M. & Hidalgo, V. (2011). Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. Lima.
- [6] Acosta, A. (2010). Evaluación de tres concentrados comerciales en la etapa de crecimiento - engorde de Cuyes. En Tesis de Grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- [7] Gomez, S. & Angeles, M. (2011). Effects of an Enzymatically Hydrolyzed Yeast and Yeast Culture Combined with Flavomycin and Monensin on Finishing Broiler Chickens. *International Journal of Poultry Science* 10, 433 - 439.
- [8] Gómez, S., Angeles, M., Mojica, M. & Jaluka, S. (2012). Combination of an Enzymatically Hydrolyzed Yeast and Yeast Culture with a Direct-fed Microbial in the Feeds of Broiler Chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 25, 665 - 673.
- [9] Aguirre, J. (2008). Determinación de la composición química y el valor de energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- [10] Guacho, M. (2009). Valoración energética de diferentes tipos de balanceados utilizados en la alimentación de cuyes. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- [11] Dann, H., Ji, P., Cotanch, K., Ballard, C., Grant, R. & Elrod, C. (2014). Evaluation of Celmanax® SCP on Lactational Performance and Ruminant Fermentation of Holstein Dairy Cows Fed Corn Silage Based Diets with a Moderate Starch Content. Exhibit Hall AB (Kansas City Convention Center). Kansas City, MO: Joint Annual Meeting.

El presente trabajo fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y transferencia de Tecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Agradecemos de manera especial a Dimune S.A por la donación del prebiótico.

Autor para la correspondencia: chponce@espe.edu.ec. Investigador PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador