

# OBTENCIÓN DE UN ALIMENTO EXTRUIDO PARA TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp*) UTILIZANDO ENSILAJE BIOLÓGICO DE PESCADO

## OBTAINING AN EXTRUDED NOURISHMENT FOR RED TILAPIA (*Oreochromis spp*) USING FISH BIOLOGICAL SILAGE

## A OBTENÇÃO DE UMA RAÇÃO EXTRUSADA PARA A TILÁPIA VERMELHA (*Oreochromis spp*) UTILIZANDO SILAGEM DE PESCADO BIOLÓGICA

JAIDER OSWALDO PANTOJA<sup>1</sup>, SANDRA MAGALLY SANCHEZ<sup>2</sup>, JOSÉ LUIS HOYOS C.<sup>3</sup>

### RESUMEN

*En la represa “La Salvajina”, municipio de Suárez (Cauca), la transformación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) deja como subproductos mayoritarios cabezas, huesos, piel, escamas y vísceras, los cuales a través del proceso de ensilaje pueden brindar una alternativa proteica en la formulación de alimentos para peces. La presente investigación obtuvo pelets extruidos para tilapia roja en fase de engorde, sustituyendo parcialmente harina de pescado por ensilaje biológico. Las variables de respuesta del pelet (propiedades físicas), permitieron a través de un diseño factorial 23, evaluar los parámetros del proceso de extrusión (temperatura oC, velocidad de tornillo rpm y humedad %). Los resultados indicaron significancia por parte de*

---

**Recibido para evaluación:** 29/8/11. **Aprobado para publicación:** 5/10/11

1 Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca.

2 Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Cauca.

3 Ingeniero Agroindustrial. Especialista en Biotecnología. Candidato a Magister en Ingeniería de Alimentos. Docente Asociado. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca.

**Correspondencia:** e\_mail: jlhoyos@unicauca.edu.co

*factores e interacciones, siendo la humedad el factor de mayor incidencia. El punto medio (PM) del diseño, formulado con 15 % de ensilaje y procesado con niveles medios (125 oC, 170 rpm, 28 %), presentó un porcentaje superior al 90 % de flotabilidad, además de resultados aceptables en el índice de expansión, densidad específica, índice de absorción de agua, estabilidad en agua y durabilidad; logrando condiciones favorables para la obtención de un alimento con propiedades físicas similares a las de un alimento comercial.*

## ABSTRACT

*At "La Salvajina" dam, town of Suarez (Cauca), the transformation of red tilapia (*Oreochromis ssp*) leaves as major by-products heads, skins, bones, scales and entrails, all of which a silage process could offer a proteic alternative in the feed formulation for fish. During this present research were obtained extruded pellets for red tilapia in fattening stage, partially substituting fish flour biological silage. The pellet response variables (physical attributes) allowed, through a factorial design 23 evaluate the parameters of the extrusion process (temperature oC, screw speed rpm and humidity %). The results pointed significance from factors and interactions being the diets' humidity the factor with highest incidence. The design's mid-point (MP), formulated with 15% percent of fish biological silage and processed with mid-levels of the three factors (125 oC, 170 rpm, 28 %), showed higher than 90% percent of buoyancy, besides acceptable results in the rate of expansion, specific density, water absorption rate, water stability. As a result, favorable conditions were reached for obtaining nourishment with physical attributes similar to those of commercial nourishment.*

## RESUMO

*Na barragem, "A Salvajina", no município de Suárez (Cauca), a transformação da Tilápia Vermelha (*Oreochromis spp*), deixa como principais produtos: cabeças, ossos, pele, escamas e as vísceras, que através do processo de ensilagem podem constituir uma alternativa de proteína na formulação de rações para peixes. Esta pesquisa obteve aglomerados extrusados para tilápia vermelha na engorda, substituindo parcialmente a farinha de peixe por silagem biológica. As variáveis de resposta de pelet (propriedades físicas), permitiram através de um planejamento fatorial 23, avaliar os parâmetros de processo de extrusão (temperatura oC, velocidade do parafuso rpm e umidade %). Os resultados indicaram grande significância de fatores e interações, sendo a umidade das dietas, o fator de maior impacto. O ponto médio (MP) do projeto, feito com 15% de silagem biológica de peixe e transformado em níveis intermediários de três fatores (125 ° C, 170 rpm, 28 %) apresentou uma percentagem maior ao 90% de flutuabilidade, além de resultados aceitáveis para a taxa de expansão, a gravidade específica, índice de absorção de água, estabilidade na água e durabilidade; tornando as condições favoráveis para a obtenção de um alimento com propriedades físicas semelhantes às de um alimento comercial.*

## PALABRAS CLAVE:

Humedad, temperatura, tiempo de residencia, velocidad de tornillo.

## KEY WORDS:

Humidity, temperature, time of residence, screw speed

## PALAVRAS-CHAVE:

Umidade, temperatura, tempo de residência, velocidade do parafuso.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) es la actividad acuícola de mayor crecimiento en Colombia [1]; el éxito económico de esta actividad depende en gran parte de la alimentación, ya que representa cerca del 60 % de los costos de producción [2]. Actualmente, los alimentos balanceados para peces se elaboran a base de harina de pescado como fuente principal de proteína, insumo de elevado costo y alta fluctuación en su disponibilidad [3]. Una alternativa viable para la sustitución de la harina de pescado, la constituye el ensilaje biológico, producto de fácil elaboración y de bajo costo que aprovecha los residuos de la industria pesquera [4].

Además de los ingredientes a utilizar para suplir los requerimientos nutricionales de la especie, se deben tener en cuenta aspectos como: la formulación, operaciones unitarias y proceso de transformación. Entre los procesos utilizados en la producción de alimentos acuícolas, se encuentra, la extrusión, proceso termomecánico, que combina varias operaciones unitarias, entre las que se destacan, la mezcla, la hidratación y la pasteurización [5].

La presente investigación tuvo como objetivo emplear residuos de la actividad piscícola de la región de La Salvajina, transformándolos en ensilaje biológico de pescado, el cual se incluyó en un alimento balanceado para tilapia roja (*Oreochromis spp*) en fase de engorde, elaborado mediante proceso de extrusión, lo cual permitió evaluar los parámetros del proceso como temperatura, velocidad de tornillo y humedad, determinando la calidad del pelet, respecto a sus propiedades físicas.

## MÉTODO

El presente estudio se realizó en los laboratorios de Cárnicos, Microbiología, Biotecnología y Reología, Textura y Empaque de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, vereda Las Guacas municipio de Popayán Cauca.

### Materias primas y formulación

Teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja (véase Cuadro 1), la composición de las

**Cuadro 1.** Composición proximal de un alimento balanceado para tilapia en fase de engorde

Nutriente	Requerimiento (%)
Proteína	20,0 – 25,0 <sup>a</sup>
Carbohidratos	40 <sup>b</sup>
Fibra	5 <sup>c</sup>
Lípidos	3,7 <sup>c</sup>
Ceniza	7 <sup>c</sup>

Fuente. (a 33, b 10, c 12)

materias primas y el tipo de proceso, se formuló un alimento balanceado con un contenido de proteína neta del 24%.

Los ingredientes de dicha formulación fueron: harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, harina de trigo, premezcla vitamínica, carbonato de calcio, bentonita y sal, adquiridos en la empresa de materiales y concentrados para animales M&M Ltda; melaza en el trapiche Lucerna S.A.; harina de yuca variedad HMC-1 en la empresa Deriyuca Ltda; ensilaje biológico de pescado, elaborado por el grupo de investigación. Las harinas y la torta de soya se tamizaron de acuerdo a la norma ASTM E 11-61 a un tamaño de partícula menor a 420  $\mu$  (tamiz N° 40).

La composición proximal de las materias primas fue determinada de acuerdo a metodologías descritas por la AOAC [6]. El balance nutricional de las dietas se realizó por medio del programa Microsoft Office Excel 2007, lográndose una inclusión del 15 % de ensilaje biológico de pescado (véase Cuadro 2). Todos los ingredientes se mezclaron con una mezcladora Kitchen Aid, por un periodo de 30 minutos, posteriormente se empacaron en bolsas de polietileno y se llevaron a refrigeración por 24h.

### Extrusión de las dietas

Las dietas se procesaron en un extrusor de tornillo simple, marca Haake PolyLab OS, el cual consta de un tornillo sin fin de 475 mm de longitud (L) y 19 mm de diámetro (D), con una relación L/D 25:1. La relación de compresión del tornillo fue de 5:1 y el diámetro del orificio de la boquilla empleada fue de 5 mm. Los cordones extruidos fueron cortados en forma de pelets (longitud = 5 mm aprox.), secados en un secador BINDER a 50°C, hasta alcanzar una humedad de 10 +/- 0,5 % y almacenados en bolsas de polietileno para el posterior análisis.

**Cuadro 2.** Composición de las dietas experimentales

Materias primas	Inclusión (%)
Harina de pescado	7
Torta de soya	26
Harina de Maíz	26,3
Harina de trigo	9
Harina de Yuca	9
Núcleo vitaminas, minerales y aminoácidos	1
Melaza	3,56
Carbonato de calcio	1
Bentonita	1,84
Sal	0,3
Ensilaje	15
Total	100

Diseño experimental. Se utilizó un diseño factorial con tres factores (temperatura del barril (T), velocidad del tornillo (V) y humedad del alimento (H)) y dos niveles (alto y bajo). Mediante el software SPSS versión 11.5 se realizaron, análisis de varianza (ANOVA  $p < 0,05$ ) para establecer la influencia de los factores y pruebas de comparación múltiple de Tukey ( $p < 0,05$ ), para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos. Se procesó un tratamiento adicional (PM), empleando los niveles medios de los tres parámetros en evaluación. El diseño experimental y los niveles de los parámetros de extrusión se presentan en la Cuadro 3:

El tratamiento con mejor respuesta en las diferentes pruebas evaluadas, se comparó mediante una prueba T, con un alimento de referencia (AR) y un alimento flotante comercial (AFC). El AR conservó la composición nutricional de la formulación en estudio, sin inclusión de ensilaje y fue procesado bajo condiciones del mejor tratamiento; AFC fue seleccionado entre diferentes marcas comerciales de la región.

Las variables de respuesta en los pelets fueron: índice de expansión (IE), densidad específica ( $\rho$ ), flotabilidad (F), estabilidad en agua (EA), índice de absorción de agua (IAA), durabilidad (D) y compresión (esfuerzo máximo() y módulo de Young()). Las muestras seleccionadas para el respectivo análisis se acondicionaron en un desecador con una solución saturada de NaCl que permitió mantener una humedad relativa del 77 %, garantizando así la estabilidad de la humedad de los pelets (10 %).

**Cuadro 3.** Niveles de los parámetros de extrusión y tratamientos

Tto.	Temperatura (°C)	Velocidad (rpm)	Humedad (%)
1	122,5	160	26
A	127,5	160	26
B	122,5	180	26
AB	127,5	180	26
C	122,5	160	30
AC	127,5	160	30
BC	122,5	180	30
ABC	127,5	180	30
PM	125	170	28

### Índice de expansión (IE)

El diámetro de diez pelets de cada tratamiento fue medido con un calibrador digital (Mitutoyo Co., Tokyo, Japon), El valor promedio se dividió entre el diámetro de la boquilla del extrusor (5 mm), de acuerdo a la Ecuación 1 (20):

$$IE = D_p / D_b \quad (\text{Ec. 1})$$

IE, índice de expansión;  $D_p$ , diámetro promedio del pelet (mm);  $D_b$ , diámetro de la boquilla (mm).

### Densidad específica ( $\rho$ )

A diez pelets de cada tratamiento se les determinó la masa utilizando una Balanza SHINKO DENSHL CO., LTD con precisión de 0,0001 g; la longitud y diámetro fue determinada utilizando un calibrador digital (Mitutoyo Co., Tokyo, Japon). Los datos se promediaron y se calculó la  $\rho$  de las muestras utilizando la Ecuación 2 [7]:

$$\rho = m / \pi r^2 h \quad (\text{Ec. 2})$$

$\rho$ , densidad del pelet (Kg/m<sup>3</sup>); m, masa (Kg); r, radio (m) y h, altura (m).

### Flotabilidad (F)

En un beaker con 400mL de agua a 25 °C, se depositaron 100 pelets seleccionados por cuarteo. Transcurridas tres horas, se cuantificaron los pelets que se mantuvieron en la superficie y se determinó el porcentaje de flotabilidad [8].

### Estabilidad en agua (EA)

Una muestra de 8 g se depositó en un beaker con 500mL de agua destilada a 25 °C; se agitó a 70 rpm en una plancha Isotemp Hotplates por un periodo de 30 min, luego se pasó por una malla, en la cual se dejaron por 10 min; la malla junto con la muestra se llevó a un secador Centricol Ltda serie 0827 por 24 horas a 60°C. Con el peso de la muestra seca se calculó la estabilidad del alimento en términos de Retención de Materia Seca (RMS) usando la Ecuación 3 [9]:

$$\% RMS = 100 - \frac{(PDai - PDds)}{PDai} * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

RMS, retención de materia seca (%); PDai, peso de la dieta antes de inmersión (g); PDds, peso de la dieta después de inmersión (g).

### Índice de absorción de agua (IAA)

Se registró el peso de la muestra húmeda obtenido en el proceso de filtrado de la prueba de estabilidad y se calculó de acuerdo a la Ecuación 4 [10]:

$$IAA = PhPi \quad (\text{Ec. 4})$$

IAA, índice de absorción de agua; Ph, peso de la muestra húmeda (g) y Pi, peso de la muestra inicial (g)

### Durabilidad (D)

Una muestra de 50g se depositó en el equipo Ppost Tumbling, el cual se accionó por 10 min a 50 rpm. Una vez terminada la prueba, la muestra se tamizó, para así obtener únicamente el peso del material íntegro. La durabilidad se determinó de acuerdo a la ecuación 5 [11]:

$$D = (mamd) * 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

D, durabilidad (%); ma, masa de los pelets antes de la prueba (g) y md, masa de los pelets después de la prueba (g).

## RESULTADOS

### Índice de expansión (IE)

El análisis de varianza indicó que los factores V y H y

la interacción T\*H presentaron significancia ( $p < 0,05$ ). La prueba de Tukey agrupó los tratamientos en seis subconjuntos, homogéneos.

La humedad se destacó como el efecto de mayor significancia sobre el IE, estableciéndose una relación inversa entre dicho factor y la expansión. Este comportamiento se atribuye al tiempo de residencia del material dentro del extrusor, bajos niveles de H frenan el flujo del material, afectando el grado de gelatinización de los almidones y con ello el IE [12]. Los tiempos de residencia obtenidos (véase Cuadro 4), corroboran lo mencionado anteriormente.

En cuanto al efecto del factor V, se puede observar en la Figura 1, que los niveles altos de dicho factor conducen a una mayor expansión del pelet, ya que a mayores velocidades de tornillo, la velocidad de la masa en el barril aumenta, lo que genera una mayor presión en el interior del barril, favoreciendo la expansión del pelet [13].

En la presente investigación se obtuvieron IE en un rango de 1,13 a 1,39 (Figura 1); valores similares a lo encontrado por Rosentrater et al [14], para extruidos formulados con subproductos de la destilería de granos, (1,09 y 1,7); sin embargo, al compararse con lo obtenido por Leonel et al [12] para extruidos a base de almidón de yuca (2,79 a 3,69), se observa mayor diferencia, destacando con ello la importancia del almidón en la formulación de alimentos expandidos.

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

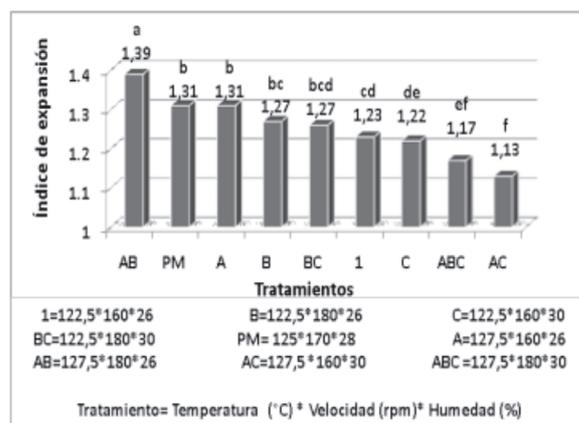
### Densidad específica ( $\rho$ )

De acuerdo al análisis de varianza, los factores T y V y las interacciones T\*V y T\*H, fueron significativos

**Cuadro 4.** Tiempo de residencia de Tratamientos

Tratamiento	Tiempo de residencia (min)
1	1,56
A	1,41
B	1,45
AB	2,16
C	0,37
AC	0,38
BC	0,28
ABC	0,27
PM	1,05
AR	1,50

Figura 1. Índice de expansión de tratamientos

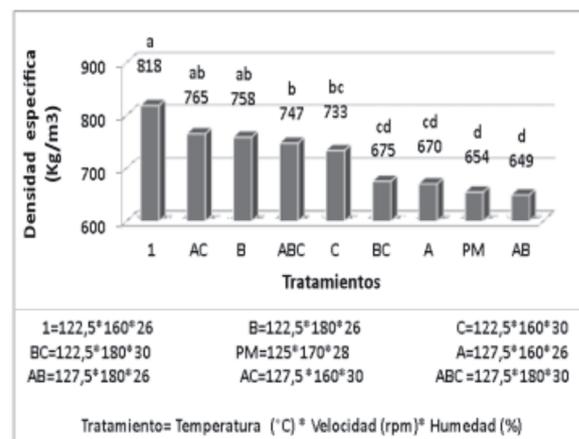


( $p < 0,05$ ). La prueba de Tukey clasificó los tratamientos en cuatro subconjuntos homogéneos.

La interacción T\*H fue el efecto de mayor influencia sobre la  $\rho$  (Figura 2); de esta manera se obtuvo, que la interacción de los niveles altos y bajos de los respectivos factores favorece en la obtención de productos de baja densidad; teniendo en cuenta la relación inversa entre la  $\rho$  y el IE [7]. El valor de  $\rho$  mas bajo se obtuvo con el tratamiento AB, procesado con niveles altos de T y V y el nivel bajo de H; la alta temperatura posibilitó quizá, la completa gelatinización del almidón, incluso, con alta velocidad de tornillo; debido a la ruptura estructural de la proteína y el almidón en el medio de alta cizalla, conduciendo con ello a bajas densidades [15].

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Figura 2. Densidad específica de tratamientos



Los resultados obtenidos en la presente investigación fluctuaron entre 649.68 y 818.65 Kg/m<sup>3</sup>, los cuales se encuentran dentro de rangos encontrados por Rosen-trater et al [14], quienes en investigación descrita en la propiedad anterior, obtuvieron valores de  $\rho$  entre 600.7 y 1232.2 Kg/m<sup>3</sup> y Bhattacharya [16] quien obtuvo valores comprendidos entre 149 a 1088 kg/m<sup>3</sup> para extruidos a base de arroz verde, procesados en extrusor de doble tornillo; estos reportes dan una idea de la variabilidad de esta propiedad de acuerdo al proceso y tipo de ingredientes utilizados.

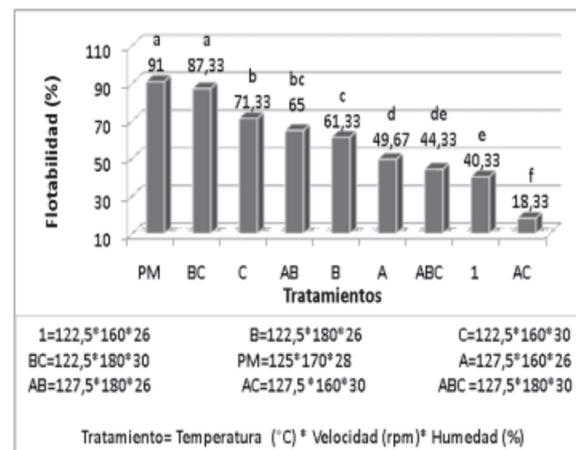
### Flotabilidad (F)

El análisis de varianza encontró significancia ( $p < 0,05$ ) por parte de los factores T y V y la interacción T\*H. La prueba de Tukey clasificó los tratamientos en seis subconjuntos homogéneos.

En el análisis de IE,  $\rho$  y F, se ha visto la continuidad del efecto del factor V y de la interacción T\*H, sin embargo, se esperaba que los altos IE y bajas  $\rho$ , se reflejaran en altos valores de F; algo que no ocurrió, obteniéndose mayor respuesta en la F, con la interacción respectiva de los niveles bajos y altos de T\*H; al respecto, se reporta que las paredes de las cámaras de aire que se forman en pelets extruidos, se adelgazan conforme aumenta la expansión, ocasionando daño estructural en el pelet [17]. La figura 3 muestra los porcentajes de flotabilidad.

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Figura 3. Flotabilidad de tratamientos



### Índice de absorción de agua (IAA)

El análisis de varianza indicó que los factores H y V y las interacciones T\*V y T\*H, fueron significativos ( $p < 0,05$ ). La prueba de Tukey agrupó los tratamientos en cuatro subconjuntos homogéneos.

La humedad se destacó como el efecto de mayor influencia sobre el IAA, estableciéndose una relación inversa entre dicho factor y el IAA. Teniendo en cuenta que el IAA es también relacionado con el grado de gelatinización del almidón [18], los resultados obtenidos (Figura 4), sugieren que los tratamientos procesados con nivel alto de H, no alcanzaron la gelatinización óptima del polímero, proceso posiblemente afectado por los bajos tiempos de residencia en el extrusor. Aunque se reporta que los gránulos de almidón gelatinizado absorben mayor porcentaje agua, se debe considerar que altos grados de gelatinización conllevan a la fragmentación de éste, disminuyendo así la capacidad de absorción de agua [12].

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Para extruidos formulados con almidón de yuca, Leonel et al [12] obtuvieron valores de IAA comprendidos entre 4,19 y 4,61; mientras que Gutkoski y El-Dash [18], encontraron valores entre 4,16 y 6,35 para extruidos formulados con avena. Los reportes anteriores sugieren valores bajos del IAA en la presente investigación (2,61 y 3,37); sin embargo, es necesario tener en cuenta, que además de las condiciones de proceso, existen diferencias en las formulaciones utilizadas en cada una de las investigaciones,

### Estabilidad en agua (EA)

El análisis de varianza reportó efecto significativo ( $p < 0,05$ ) por parte de los factores T, V y H y de las interacciones T\*V, T\*H y V\*H. La prueba de Tukey agrupó a más del 50 % de los tratamientos en un mismo subconjunto, indicando la homogeneidad en esta prueba.

Los resultados de EA (Figura 5) indican una alta influencia por parte del factor H; obteniéndose, que los niveles bajos de este factor se relacionan con los valores más altos de EA, causados probablemente, por una óptima gelatinización de los almidones, proceso que asegura una buena estabilidad del alimento en el agua [10]. El efecto del factor V, está determinado por la interacción

Figura 4. Índice de absorción de agua de tratamientos

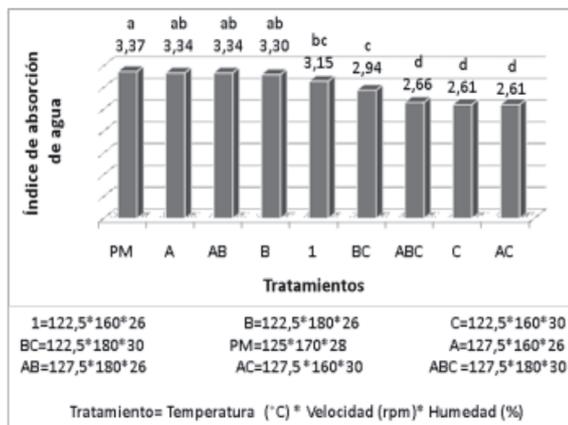
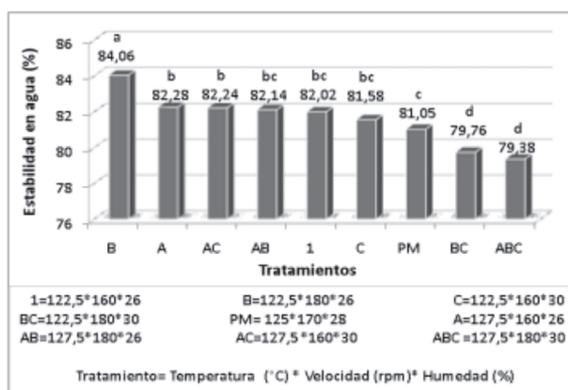


Figura 5. Estabilidad en agua de tratamientos



con H (V\*H), logrando una mejor respuesta en la EA, al interaccionar los niveles altos de V, con los niveles bajos de H; este comportamiento se atribuye al tiempo de residencia del material en el extrusor y por tanto el grado de gelatinización del almidón.

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

Los resultados de EA logrados en la presente investigación (79,38 a 84,06), no difieren significativamente de lo reportado por Arroyo [19], Cruz et al [20], entre otros; quienes obtuvieron valores de EA superiores al 80 %.

### Durabilidad (D)

El análisis de varianza reportó efecto significativo ( $p < 0,05$ ) por parte de las interacciones V\*H y T\*V\*H, esta última, se destacó como el efecto de mayor influencia sobre la D. La prueba de Tukey, clasificó los

tratamientos dentro de tres subconjuntos homogéneos. Se presentó cierta homogeneidad en los resultados de esta propiedad (Figura 6), encontrando una diferencia de tan solo 1.15 % entre el tratamiento con el valor más alto de D (BC) y el más bajo (C). La interacción de los tres factores en sus niveles altos o bajos propició valores altos de D, sin embargo el mejor resultado fue obtenido por el tratamiento BC, el cual fue procesado con niveles bajos de T y altos de V y H.

Letras diferentes sobre las barras indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

En la elaboración extruidos formulados con subproductos de la destilería de granos, Rosentrater et al [14], obtuvieron valores de durabilidad comprendidos entre 53,9 y 98,6 %; esto, de alguna manera da una idea de que el presente trabajo obtuvo buenos resultados para esta propiedad; sin embargo se debe tener en cuenta la diferencia existente entre las dos investigaciones, ya que se trabajan ingredientes y condiciones de proceso diferentes

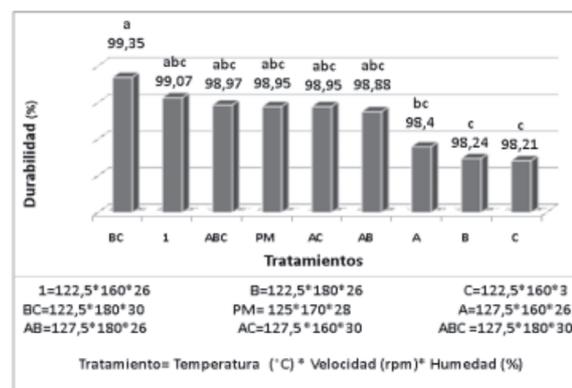
### Comparación del mejor tratamiento vs AR y AFC

El tratamiento PM se destacó como el de mayor regularidad en las propiedades evaluadas (véase Cuadro 5), no solo por haber obtenido el porcentaje más alto de flotabilidad, sino por su aceptable comportamiento en las demás propiedades físicas; razón por la cual, fue seleccionado para realizar una comparación de lo obtenido en este estudio, con un alimento de referencia (AR) y un alimento comercial (AFC).

### Tratamiento adicional (PM) Vs alimento de referencia (AR)

La prueba T encontró diferencias en el porcentaje de flotabilidad. Los pelets obtenidos en AR presentaron valores inferiores respecto al tratamiento PM. El mayor IE condujo a una disminución de la  $\rho$ , sin embargo esto no se reflejó en la flotabilidad del pelet, la cual fue un 50,2 % inferior a la de PM. Lo obtenido por AR es similar a lo observado en los tratamientos A, AB y AB, en donde los bajos niveles de H incrementaron el tiempo de residencia del material dentro del extrusor exponiéndolo a un mayor tiempo de cocción y corte por cizalla. Aunque AR y PM fueron obtenidos bajo las mismas condiciones de proceso, manteniendo igual composición nutricional, se debe tener en cuenta que

Figura 6. Durabilidad de tratamientos



se utilizaron diferentes ingredientes para suplir los requerimientos nutricionales de la fórmula. La diferencia radica principalmente en la inclusión del 15 % de ensilaje por parte de PM; este ingrediente aporta carbohidratos y proteínas de bajo peso molecular debido a la hidrólisis sufrida en la fermentación ácido láctica, componentes que en bajas cantidades actúan como plastificantes dentro del extrusor, disminuyendo el tiempo de residencia y por ende el grado de modificación del material [21].

### Tratamiento adicional (PM) Vs alimento comercial (AFC)

La prueba T encontró diferencias entre los tratamientos. El AFC presentó un valor superior de IE superior al PM, lo cual repercutió en los valores de  $\rho$  y flotabilidad. Las propiedades físicas del pelet de alta calidad están relacionadas con una gelatinización óptima del almidón, aunque PM mejoró con respecto a los otros tratamientos, presenta también el problema de la sobre cocción, la cual condujo posiblemente a un alto grado de dextrinización del almidón afectando la estructura interna del pelet.

## CONCLUSIONES

La extrusión de dietas formuladas con 15 % de ensilaje de residuos y procesadas a una temperatura de 125 oC, velocidad de tornillo de 170 rpm y humedad del 28 %, permitió obtener un alimento flotante para tilapia con

Cuadro 5. Datos promedio de tratamientos a comparar.

Tto.	EA	F (%)	IE	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )
PM	81,05	91,00	1,32	650,31
AR	83,38	45,33	1,48	635,66
AFC	88,22	99,00	1,50	648,86

características físicas similares a las de un alimento comercial

La humedad de la dieta se destacó como factor determinante sobre la calidad física del alimento extruido.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca por sus recursos, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, al Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca.

## REFERENCIAS

- [1] LUCHINI, L., PANNÉ, S. Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local. 2008; (10/01/11) URL: <[http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/113-perspectivas.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/113-perspectivas.pdf)>.
- [2] VICTORIA, N., LETERME, P., ESPEJO, C. Valor nutricional de la soya integral para la tilapia roja. 2003; (10/02/11) URL: <[http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/pdf/Espejo.pdf](http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdf/Espejo.pdf)>.
- [3] OLVERA, M., OLIVERA, L. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. En: Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola (Noviembre 15-18, La Paz, B.C.S., México). 1998, p. 327-348.
- [4] LLANES, J., TOLEDO, J., FERNÁNDEZ, I., LAZO, J. Estudio del ensilado biológico de pescado como inóculo de bacterias lácticas en la conservación de desechos pesqueros. Revista electrónica veterinaria 2007; 8 (9), p. 1-6.
- [5] HENRY, C., CHAPMAN, C., editors. The Nutrition Handbook for Food Processors. New York, Washington, DC: CRC Press; 2002.
- [6] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Vol. 1. 15th ed. Assoc. Ofic. Anal. Chem, Arlington, va. 1990.
- [7] KANNADHASON, S., MUTHUKUMARAPPAN, K., ROSENTRATER, K. Effect of starch sources on extruded aquaculture feed containing DDGS. American Society Agricultural and Biological Engineers 2007, p. 1-13.
- [8] ARROYO, M., Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus spp* Como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de grado para optar al título de Maestra en Ciencias de Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional de Mexico, Jiqualpan, Michoacán, 2008. 115 p.
- [9] WOUTERS, R., PIGUAVE, X., BASTIDAS, L., CALDERÓN, J., SORGELOOS, P. Ovarian maturation and haemolymphatic vitellogenin concentration of Pacific white shrimp *Litopenaenus vannamei* (Boone) fed increasing levels of total dietary lipids and HUFA. Aquaculture Research 2001; 32, p. 573-582.
- [10] ARGÜELLO, W. Efecto del tipo y concentración de aglutinantes sobre la estabilidad del alimento preparado, tasa de ingestión y desarrollo gonadal de *Litopenaenus vannamei*. Tesis de grado para optar al título de Biólogo, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2003. 75 p.
- [11] American Society of Agricultural and Biological Engineers. Cubes, Pellets, and Crumbles—Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content. ASAE S269.4 1998, p. 525-527.
- [12] LEONEL, M., SANTOS, T., MISCHAN, M. Physical characteristics of extruded cassava starch. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 2009; 66 (4), p. 486-493.
- [13] CHEVANAN, N., ROSENTRATER, K., MUTHUKUMARAPPAN, K.. Effects of processing conditions on single screw extrusion of feed ingredients containing DDGS. Food Bioprocess Technol 2008; 3, p.111–120.
- [14] ROSENTRATER, K., MUTHUKUMARAPPAN, K., KANNADHASON, S. Effects of Ingredients and extrusion Parameters on Aquafeeds Containing DDGS and Potato Starch. Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition 2009; 1(1), p. 22-38.
- [15] PANSAWAT, N., JANGCHUD, K., JANGCHUD, A., WUTTIJUMNONG, P., SAALIA F, EITENMILLER R, PHILLIPS R. Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks, LWT 2008; 41, p. 632-641.
- [16] BHATTACHARYA, S. Twin-screw Extrusion of Rice-Green Gram Blend: Extrusion and Extrudate Characteristics. Journal of Food Engineering 1997; 32 (1), p. 83- 99.
- [17] MCCAPES, R., EKPERIGIN, H., CAMERON, W.,

- RITCHIE, W., SLAGTER, J., STANGELAND, V., NAGARAJA, K. Effect of a new pelleting process on the level of contamination of poultry mash by *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Avian Diseases* 1989; 33, p. 103-111.
- [18] NJOKI, P., FALLER, J. Development of an extruded plantain/corn/Soy weaning food. *International Journal of Food Science and Technology* 2001; 36, p. 415-423.
- [19] GUTKOSKI, L., EL-DASH, A. Effect of extrusion process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. *Plant Foods for Human Nutrition* 1999; 54, p. 315-325.
- [20] CRUZ, E., RUIZ, P., COTA, E., NIETO, M., GUAJARDO, C., TAPIA, M., VILLARREAL, D., RIEQUE, D. Revisión sobre algunas características físicas y control de calidad de alimentos comerciales para camarón en México. En: *Memorias del VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola (15-17: Noviembre, Mazatlán, Sinaloa, México) 2006*, p. 330-370.
- [21] CAPILLA, V. Selección de ingredientes: preparación de materias primas. 2006; (02/01/11) URL: <<http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/aimd/extrusion.pdf>> .