



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS NATURALES
Y GESTIÓN SOSTENIBLE**

TESIS DOCTORAL

**ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros festae*)
CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*)
EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE**

**FEEDING OF THE GUAYAS CICHLID (*Mesoheros festae*) WITH
OIL PALM (*Elaeis guineensis*) CAKE DIETS DURING THE
HATCHERY, NURSERY AND ONGROWING STAGES**

DOCTORANDO

D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES

DIRECTORES DE TESIS

Dr. JOSÉ LUIS GUZMÁN GUERRERO

Dr. MARCELINO HERRERA RODRÍGUEZ

CÓRDOBA, 2021

TITULO: ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros festae*) CON
DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN LA
ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y
ENGORDE

AUTOR: *Edison Jacinto Mazon Paredes*

© Edita: UCOPress. 2021
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

[https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/
ucopress@uco.es](https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/ucopress@uco.es)



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**POSTGRADO EN RECURSOS NATURALES Y GESTIÓN
SOSTENIBLE**

TESIS DOCTORAL

**ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros
festae*) CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis
guineensis*) EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE**

Tesis presentada por

D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES

Para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba (España)

Vº Bº Director

**GUZMAN
GUERRERO JOSE
LUIS - 25974035C**

Firmado digitalmente
por GUZMAN GUERRERO
JOSE LUIS - 25974035C
Fecha: 2021.06.04
17:19:00 +02'00'

Dr. José Luis Guzmán Guerrero

Vº Bº Director

**HERRERA
RODRIGUEZ
MARCELINO -
44031438P**

Firmado digitalmente
por HERRERA
RODRIGUEZ MARCELINO
- 44031438P
Fecha: 2021.06.04
22:50:07 +02'00'

Dr. Marcelino Herrera Rodríguez



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



DON. JOSÉ LUIS GUZMÁN GUERRERO, PROFESOR TITULAR DE
UNIVERSIDAD DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
AGROFORESTALES DE LA UNIVERSIDAD DE HUELVA

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada **ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA** (*Mesoheros festae*) **CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE** (*Elaeis guineensis*) **EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que la misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como Director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Huelva a cuatro de junio de dos mil veintiuno.

GUZMAN GUERRERO

JOSE LUIS - 25974035C

Firmado digitalmente por GUZMAN
GUERRERO JOSE LUIS - 25974035C

Fecha: 2021.06.04 17:19:36 +02'00'

Fdo. Dr. José Luis Guzmán Guerrero


DON. MARCELINO HERRERA RODRÍGUEZ, PROFESOR ASOCIADO
DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROFORESTALES DE LA
UNIVERSIDAD DE HUELVA

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA** (*Mesoheros festae*) **CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE** (*Elaeis guineensis*) **EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que la misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como Director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Huelva a 4 de junio de dos mil veintiuno.

**HERRERA
RODRIGUEZ
MARCELINO -
44031438P**



Firmado digitalmente por
HERRERA RODRIGUEZ
MARCELINO - 44031438P
Fecha: 2021.06.04
22:49:36 +02'00'

Fdo. Dr. Marcelino Herrera Rodríguez



TÍTULO DE LA TESIS:

ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros festae*) CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE

DOCTORANDO: D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES

INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

En el año 2013 D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES culmina los estudios de Máster en Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada, cuyo título de la investigación fue: Caracterización bromatológica de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq) procedente de los cantones de Quevedo y Santo Domingo (Ecuador) para su uso en alimentación animal.

El 13/03/2014 solicita matrícula en el curso académico 2013/14 – IDEP 540 - Recursos Naturales y Gestión Sostenible.

El 06/06/2014 presentó la solicitud de Inscripción del Plan de Investigación RD 99/2011 Curso 2013/2014 Programa de Doctorado: Recursos naturales y gestión sostenible con el título de la Tesis doctoral: Curva de crecimiento y efecto de la densidad de las especies nativas vieja colorada (*Cichlasoma festae*) vs tilapia roja (*Oreochromis spp.*), alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq) en acuarios metabólicos en la etapa de engorde en 2012-2015. Se realizó un diagnóstico de la zona comprendida en los cantones de Quevedo, Mocache, Valencia, El Empalme y Santo Domingo a fin de establecer la situación actual de la especie nativa Vieja colorada (*Cichlasoma festae*) y se establece que se encuentra en una situación muy

crítica en franco proceso de extinción por una sobre explotación y captura de peces en los ríos y esteros. Agravada esta situación por la contaminación de las fuentes de agua.

En cuanto se refiere a la investigación de los hábitos alimenticios y sus requerimientos nutricionales de esta especie nativa se concluyó que existe poca información, por lo que se tomó como referencia los requerimientos nutricionales de la tilapia, que también pertenece a la familia de los *Cichlidae*.

Se realizó una revisión de la literatura proporcionada por las principales empresas que comercializan alimento balanceado para peces como: Protitapia, Bioalimentar, Picis, Nutrildan densidades. En los manuales de manejo que nos proporcionaron dichas empresas se establece densidades están entre 3 y 4 peces en la etapa de engorde 2, por lo que el tema de investigación planteada no tiene referencias bibliográficas que respalden densidades superiores a los planteados por el proyecto de investigación.

En la información proporcionada sobre densidades en el IV Congreso Internacional de Acuicultura de Aguas Continentales Acuaespe 2014 y VI Congreso Colombiano de Acuicultura – octubre de 2014, se informa sobre densidades similares a las densidades planteadas en los manuales de manejo de la tilapia. Por lo que se procede a solicitar el cambio del tema de investigación relacionando con el trabajo de fin de máster para darle una continuidad al proyecto de investigación. El título propuesto fue "Digestibilidad de dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) sobre el desempeño productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría, juvenil y engorde 1".

El tema propuesto recoge las recomendaciones del Dr. Walter Vásquez de la Universidad de Los Llanos del Departamento del Meta, Colombia, investigador de la digestibilidad de los alimentos en los peces por más de 30 años. También se acogió las sugerencias de la Dra. Mariana Gutiérrez asistente del Dr. Vásquez y que actualmente lleva adelante las investigaciones sobre la digestibilidad del alimento de origen tropical en las especies nativas de Colombia.

Además, debemos indicar que una de las razones para que se haya modificado el tema de investigación ha sido la falta de infraestructura necesaria en la realización de este tipo de investigaciones en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Y, que poco a poco se ha ido implementando una pequeña infraestructura en la Finca "El Peñón" uno de los pocos cultivadores de estas especies nativas de los trópicos ecuatorianos.

Finalmente, el título propuesto por los Directores de Tesis es: ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros festae*) CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE

Durante el desarrollo del Plan de Investigación, el doctorando ha adquirido conocimientos sobre la utilización de algunos subproductos agroindustriales, especialmente la torta de palmiste como sustitutiva de otras fuentes proteicas más caras en la alimentación de la vieja colorada. El Doctorando, por otro lado, ha adquirido habilidades y competencias

necesarias para poder abordar temas de investigación relacionados con el cultivo de la vieja colorada, así como para la publicación de los resultados obtenidos en estas investigaciones.

La presente Tesis Doctoral ha dado lugar a los siguientes trabajos:

- Edison Mazón Paredes, Marcelino Herrera Rodríguez, Marlene Mazón Paredes, Antón García Martínez, Carlos Mazón Paredes y José Luis Guzmán Guerrero. 2021. Productive performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros fesfae*) fed palm meal based diets during the juvenile stage. *Hidrobiológica* 30(3), 251-258.
- Edison Mazón Paredes, Marcelino Herrera Rodríguez, Carlos Mazón Paredes, Antón García Martínez, Manuel Delgado Pertíñez, José Luis Guzmán Guerrero. 2020. Bromatological composition of palm kernel meal according to its origin and production periods potential use of palm kernel meal in animal feed. *Journal of Oil Palm Research*. 32: 639-646. DOI: <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0000>.
- Edison Mazón, Marcelino Herrera, Marlene Mazón, Antón García, Manuel Delgado, José Luis Guzmán. 2018. Evaluación de dietas con de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría. XXVI Reunión ALPA y V Simposio Internacional de Producción Animal celebrado del 28 al 31 de mayo de 2018 en Guayaquil, Ecuador.
- Edison Mazón, Marcelino Herrera, Marlene Mazón, Antón García, Manuel Delgado, José Luis Guzmán. 2017. Digestibilidad aparente de dietas con de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 2 (2): 28 – 35. ISSN 2528-8172.
- Edison Mazón, Antón García, José Luis Guzmán, Carlos Mazón, Marcelino Herrera. 2017. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste. *Revista de la Universidad del Zulia, Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología*. Año 8, N° 20. Enero - abril 2017, 11 - 28. ISSN 0041-8811.
- Edison Mazón, Antón García, Carlos Mazón. 2017. Caracterización bromatológica de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jack). I Simposio Latinoamericano de Producción Animal. *Ganadería Tropical* (Calceta, 11 y 12 de octubre de 2017).
- Edison Mazón, Antón García, Carlos Mazón. 2017. Evaluación sensorial de la carne de especímenes de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) alimentados con dietas a base de torta de palmiste. *Book of Proceedings IV International Congress of Sciences, Technology, Innovation and Entrepreneurship* (Guaranda, Ecuador, 5-7 de Julio del 2017), pp. 323-336.
- Edison Mazón, Italo Espinoza, Bolivar Montenegro, Adolfo Sanchez, Carlos Mazon, Antón García. 2014. Caracterización bromatológica de la torta de palmiste *Elaeis guineensis* Jack *Book of Proceedings 4th Symposium of the Latinamerican Asociation in Animal*

Science, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Universidad de Córdoba (España), 13-15 de noviembre de 2014. Ecuador.

Tesis de Grado

Josué Alexander Buenaño Alvarez, Edison Mazón. 2019. Calidad de la carne del pez nativo vieja colorada (*Cichlasoma festae* L.) por el método sensorial y su comercialización en el cantón Quevedo. Tesis de Grado de Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Pablo Cesar Cerón Bailón, Edison Mazón. 2018. Efecto de dietas a base de torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq. 1763 L.) sobre el desempeño productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae* L.) en la etapa de cría época de verano. Tesis de Grado de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Así mismo, el estudio se ha desarrollado dentro del marco de los siguientes Proyectos de Investigación ayudado en su financiamiento por el Departamento de Posgrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

1. Determinación bromatológica de la torta de palmiste en los cantones de Quevedo y Santo Domingo (Ecuador) para uso en alimentación animal. Financiado por el Departamento de Posgrado Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Convocatoria Extraordinaria N° 1. y dirigido por D. Edison Mazón Paredes. 2014.

2. Determinación bromatológica y alimentación de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) con dietas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq 1763 l.) en la etapa de cría, juvenil y engorde. Ayudado en su financiado por el Departamento de Posgrado de la UTEQ. Convocatoria Extraordinaria N.º 1. y dirigido por D. Edison Mazón Paredes.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la Tesis Doctoral.

Huelva a cuatro de junio de dos mil veintiuno

Firmado digitalmente
por GUZMAN
GUERRERO JOSE LUIS -
25974035C
Fecha: 2021.06.04
17:20:29 +02'00'

Fdo.: José Luis Guzmán Guerrero

HERRERA
RODRIGUEZ
MARCELINO -
44031438P
Firmado digitalmente
por HERRERA
RODRIGUEZ MARCELINO
- 44031438P
Fecha: 2021.06.04
22:50:49 +02'00'

Fdo.: Marcelino Herrera Rodríguez



TÍTULO DE LA TESIS:

**ALIMENTACIÓN DE LA VIEJA COLORADA (*Mesoheros festae*)
CON DIETAS CON TORTA DE PALMISTE (*Elaeis guineensis*) EN
LA ETAPA DE CRÍA, JUVENIL Y ENGORDE**

DOCTORANDO: D. EDISON JACINTO MAZÓN PAREDES

INFORME RAZONADO DEL TUTOR

(Ratificando el informe favorable del director. Sólo cuando el director no pertenezca a la Universidad de Córdoba).

La presente Tesis Doctoral ha dado lugar a los siguientes trabajos:

- Edison Mazón Paredes, Marcelino Herrera Rodríguez, Marlene Mazón Paredes, Antón García Martínez, Carlos Mazón Paredes y José Luis Guzmán Guerrero. 2021. Productive performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) fed palm meal based diets during the juvenile stage. *Hidrobiológica* 30(3), 251-258.
- Edison Mazón Paredes, Marcelino Herrera Rodríguez, Carlos Mazón Paredes, Antón García Martínez, Manuel Delgado Pertíñez, José Luis Guzmán Guerrero. 2020. Bromatological composition of palm kernel meal according to its origin and production periods potential use of palm kernel meal in animal feed. *Journal of Oil Palm Research*. 32: 639-646. DOI: <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0000>.
- Edison Mazón, Marcelino Herrera, Marlene Mazón, Antón García, Manuel Delgado, José Luis Guzmán. 2018. Evaluación de dietas con de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría. XXVI Reunión ALPA y V Simposio Internacional de Producción Animal celebrado del 28 al 31 de mayo de 2018 en Guayaquil, Ecuador.
- Edison Mazón, Marcelino Herrera, Marlene Mazón, Antón García, Manuel Delgado, José Luis Guzmán. 2017. Digestibilidad aparente de dietas con de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría. *Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias*, 2 (2): 28 – 35. ISSN 2528-8172.

- Edison Mazón, Antón García, José Luis Guzmán, Carlos Mazón, Marcelino Herrera. 2017. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste. Revista de la Universidad del Zulia, Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología. Año 8, N° 20. Enero - abril 2017, 11 - 28. ISSN 0041-8811.
- Edison Mazón, Antón García, Carlos Mazón. 2017. Caracterización bromatológica de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jack). I Simposio Latinoamericano de Producción Animal. Ganadería Tropical (Calceta, 11 y 12 de octubre de 2017).
- Edison Mazón, Antón García, Carlos Mazón. 2017. Evaluación sensorial de la carne de especímenes de vieja colorada (*Cichlasoma festae*) alimentados con dietas a base de torta de palmiste. Book of Proceedings IV International Congress of Sciences, Technology, Innovation and Entrepreneurship (Guaranda, Ecuador, 5-7 de Julio del 2017), pp. 323-336.
- Edison Mazón, Italo Espinoza, Bolívar Montenegro, Adolfo Sánchez, Carlos Mazon, Antón García. 2014. Caracterización bromatológica de la torta de palmiste *Elaeis guineensis* Jack Book of Proceedings 4th Symposium of the Latin American Association in Animal Science, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Universidad de Córdoba (España), 13-15 de noviembre de 2014. Ecuador.

A tenor de los indicios de calidad, el trabajo realizado por D. Edison Mazon y los informes de los Directores se ratifican los informes favorables de la Tesis

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 4 de junio de 2021

Firma del responsable del Tutor y Responsable de la línea de investigación

Fdo.: Anton Rafael Garcia Martinez

AGRADECIMIENTOS

En esta oportunidad expreso mi agradecimiento con la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador), en el nombre de todas las autoridades de esta administración. A la Facultad de Ciencias Pecuarias en el nombre de sus autoridades de esta administración, a mis compañeros docentes por ofrecerme su ayuda y experiencia y a todo el personal administrativo por agilizar los procesos durante este periodo. Un agradecimiento especial para la Universidad de Córdoba (España), al Programa de Doctorado de Recursos Naturales y Sostenibilidad.

Deseo hacer extensivo mi agradecimiento al Instituto de Investigaciones y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), a otras instituciones y personas, colegas, amigos que sin su apoyo no hubiera sido posible lograr mi meta.

Quiero expresar mi agradecimiento imperecedero a mi digna familia que por su respaldo irrestricto y apoyo brindado no hubiera sido posible culminar con mis estudios de doctorado y sobre todo alcanzar mi objetivo profesional.

A mi tutor; Dr. Antón García Martínez por su orientación y apoyo en todo el transcurso de todos mis estudios de doctorado y mi trabajo de investigación.

A mis directores; Dr. José Luis Guzmán Guerrero y Dr. Marcelino Herrera Rodríguez por darme su apoyo, orientación e impulso para la culminación del trabajo de campo y en la elaboración de los artículos científicos base sustancial para mi Tesis Doctoral.

Una mención especial al equipo de estudiantes hoy profesionales que me acompañaron en el trabajo de campo lo que ha hecho posible realizar mi tesis de grado doctoral.

DEDICADO A

*A la memoria
de Carlos
y de mi hijo Paul
Janne, mi esposa
Brayan y David mis hijos
Melany mi nieta
Iliam mi nieto*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1. Producción e importancia de la torta de palmiste del Ecuador	24
2.2. Sistema industrial para la obtención de aceite y torta de palmiste en Ecuador	25
2.3. Valor nutritivo de la torta de palmiste	30
2.4. Utilización de la torta de palmiste en ensayos de producción animal.....	37
2.5. Digestibilidad de la dieta en peces de acuicultura	40
2.6. Alimentación de la vieja colorada con dietas a base de torta de palmiste	42
3. OBJETIVOS	47
4. CAPÍTULOS EXPERIMENTALES	49
4.1. Composición bromatológica de la torta de palmiste según su origen y períodos de producción.....	50
4.1.1. Resumen	50
4.1.2. Introducción.....	51
4.1.3. Material y métodos.....	54
4.1.4. Resultados	57
4.1.5. Discusión	62
4.1.6. Conclusión.....	66
4.1.7. Recomendación.....	66
4.2. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (<i>Mesoheros festae</i>) en la etapa de cría alimentada con dietas basadas en torta de palmiste	67
4.2.1. Resumen	67
4.2.2. Introducción.....	68
4.2.3. Material y métodos.....	69
4.2.4. Resultados y discusión.....	75
4.2.5. Conclusiones	80
4.3. Rendimiento productivo de la vieja colorada (<i>Mesoheros festae</i>) durante la etapa juvenil alimentada con dietas basadas en torta de palmiste	82
4.3.1. Resumen	82
4.3.2. Introducción.....	83
4.3.3. Material y métodos.....	85
4.3.4. Resultados	93

4.3.5.	Discusión	95
4.3.6.	Conclusiones	99
4.4.	Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (<i>Mesoheros festae</i>) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste.....	100
4.4.1.	Resumen	100
4.4.2.	Introducción.....	101
4.4.3.	Material y métodos.....	103
4.4.4.	Resultados y discusión.....	110
4.4.5.	Conclusiones	116
5.	CONCLUSIONES	119
6.	RESUMEN	122
7.	ABSTRACT	126
8.	BIBLIOGRAFÍA	130
	ANEXO I: Artículos publicados en revistas científicas	144
	ANEXO II: Asistencia a congresos internacionales	187
	ANEXO III: Actividades formativas en I+D	188

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fraccionamiento del fruto de la palma.....	25
Figura 2. Productos y subproductos del procesamiento de la palma africana	27
Figura 3. Interacción de origen (P) y mes (M) sobre el contenido de proteína bruta (PC) (porcentaje de MS) para diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b,c indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$)	60
Figura 4. Interacción de origen (P) y mes (M) para contenido de energía bruta (EC) (Mcal Kg-1 DM) en diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las áreas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$)	60
Figura 5. Interacción del origen (P) y del mes (M) sobre el contenido de fibra neutro detergente (FND) (porcentaje de MS) para diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b,c indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).....	61
Figura 6. Interacción de origen (P) y mes (M) para el contenido de calcio (%. base MS) de diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).....	61
Figura 7. Localización del área experimental en el cantón de Quinsaloma	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas de la torta de palmiste	32
Tabla 2. Composición química de la torta de palmiste.....	33
Tabla 3. Composición de algunos subproductos de la palma africana (% sobre materia seca).....	34
Tabla 4. Fraccionamiento de la fibra de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca)	34
Tabla 5. Contenido de energía de algunos subproductos de la palma africana (% sobre materia seca).	35
Tabla 6. Contenido mineral de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).....	36
Tabla 7. Composición de nutrientes de la torta de palmiste	37
Tabla 8. Niveles recomendados de la torta de palmiste en alimentos para ganado	40
Tabla 9. Composición bromatológica de la torta de palmiste según el mes de muestreo y el origen (Quevedo y Santo Domingo).....	57
Tabla 10. Efectos de (origen x mes) sobre la composición bromatológica de la torta de palmiste en diferentes muestras de extractores de aceite en zonas Quevedo y Santo Domingo.....	59
Tabla 11. Dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste para la fase de crecimiento de la vieja colorada (<i>Mesoheros festae</i>).....	72
Tabla 12. Comportamiento productivo y digestibilidad aparente del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría.	76
Tabla 13. Comportamiento productivo y digestibilidad aparente del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría.	78
Tabla 14. Ingredientes y composición proximal de dietas experimentales con harina de palma utilizadas para la fase juvenil de <i>Mesoheros festae</i>	87
Tabla 15. Coeficientes de digestibilidad aparentes, materia seca (DMS), proteína cruda (DPC) y energía bruta (DEB), en juveniles de <i>Mesoheros festae</i> alimentados con harina de palma	93

Tabla 16. Efecto de dietas con diferentes porcentajes de harina de palma en los índices de rendimiento productivo de <i>Mesoheros festae</i> juveniles.....	94
Tabla 17. Composición de los ingredientes de las dietas experimentales con diferentes porcentajes (% de materia seca) de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) y su composición proximal (% en materia seca) para la fase de engorde de la vieja colorada.....	106
Tabla 18. Efecto del uso de dietas que contiene diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) durante la etapa de engorde del pez nativo vieja colorada, sobre los coeficientes de digestibilidad aparentes.....	111
Tabla 19. Efecto sobre el rendimiento productivo del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) durante la etapa de engorde	113

ABREVIATURAS

- CA:** Consumo de Alimento
- CIPAS:** Coquito integral de palma africana sin exocarpio
- CNCPS:** Sistema de Carbohidratos y Proteínas Cornell Net
- CV:** Conversión Alimenticia
- DEB:** Digestibilidad de la Energía
- DMS:** Digestibilidad de la Materia Seca
- DPB:** Digestibilidad de la Proteína
- EM:** Energía Metabolizable
- FAD:** Fibra Ácido Detergente
- FND:** Fibra Neutro Detergente
- HCPAM:** Harina de coquito de palma africana extraída por prensa
- HCPAS:** Harina de coquito de palma africana extraída por solvente
- IAC:** Instalación Acuícola Continental
- IBR:** Incremento de Peso Relativo
- IPF:** Incremento de Peso Final
- IPR:** Incremento de Peso
- Kcal:** Kilocalorías
- MO:** Materia Orgánica
- MS:** Materia Seca
- NaCl:** Cloruro de Sodio
- PB:** Proteína Bruta
- PER:** Índice de Eficiencia Proteica
- PF:** Peso Final
- PPV:** Valor Productivo de la Proteína
- TC:** Tasa de Crecimiento
- TCI:** Tasa de crecimiento Incremental
- TM:** Tonelada Métrica

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Producción de torta de palmiste y mejora de su valor nutritivo

De acuerdo con Fedepalma (2020), a nivel mundial está creciendo la demanda de los productos derivados de las almendras del fruto de la palma de aceite y que son consumidos por bovinos, con el fin de mejorar su productividad. Algunos desconocen los valores de la torta de palmiste y los aportes que le genera al ganado bovino. Este producto granular fino, que se obtiene del prensado mecánico de la almendra de palma, se convierte en una muy buena opción alimenticia para el ganadero por ser una valiosa fuente de energía para los animales. Según cifras de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, la demanda de torta de aceite ha sido extremadamente fuerte en esta temporada, en el crecimiento de su uso en la alimentación de vacas de Nueva Zelanda, Corea del Sur, y China, reduciendo los suministros disponibles para Europa.

La producción mundial de torta de palmiste es de 3,1 millones de toneladas métricas (TM) y los principales países productores Malasia (1.624,1 TM), Indonesia (813,1 TM), Nigeria (219,4 TM), Colombia (50,0 TM) y Ecuador (32,5 TM). De este total, aproximadamente el 85% se produce en el Sureste asiático, el 11% en África y el 4% en Centro y Suramérica. Los dos principales países productores son Malasia, que representa el 52% de la producción mundial, e Indonesia, que aporta el 26%. La producción indonesia aumenta el 11% anual, al doble de la tasa de crecimiento de Malasia. Es improbable que la preponderancia del Sureste asiático varíe significativamente en el futuro próximo, puesto que los pronósticos para 2016-2020 aún le dan a la región una participación del 80% (Pantzaris y Jaaffar, 2001).

Actualmente la mejora de los valores nutricionales de torta de palmiste para animales monogástricos se realiza a través de los tratamientos físicos. Lui *et al.* (1999) reportaron que algunos tratamientos físicos de residuos de cultivos no podían mejorar su contenido de Fibra Detergente Acida (ADF), Fibra Detergente Neutra (NDF) y hemicelulosa. Análogamente, Ng (2005) demostró que hay una manera alternativa de aumentar el contenido de proteínas en alimento con alto contenido de fibra por producto como torta de palmiste y esto puede lograrse extrayendo y aislando la proteína a través de la combinación de procesos físicos y químicos. Esto eliminará esencialmente el problema de la baja disponibilidad de nutrientes de la torta de palmiste. Sin embargo, hasta la fecha no se ha informado de ningún estudio sobre el efecto del tratamiento físico de la torta de palmiste en su contenido de nutrientes.

Otro de los tratamientos de la torta de palmiste es el químico mediante el cual el contenido de nutrientes puede mejorarse mediante procesos de tratamiento químico utilizando solución ácida o alcalina degradando la lignina. La concentración de la solución ácida puede afectar a la degradación de la lignina. Cuanto mayor sea la concentración del ácido utilizado, mayor será la degradación de la lignina (Ng, 2004). De forma similar Chenost y Kayouli (1997) también reportaron de que el uso de un agente alcalino para tratar los alimentos de alta fibra funciona mediante la absorción en las paredes celulares y por lo tanto químicamente romper el enlace éster entre la lignina, hemicelulosa y celulosa que finalmente hacen que la fibra estructural se hinche. Se ha comprobado que el tratamiento de la torta de palmiste con ácido (ácidos acético y fórmico) o solución alcalina (hidróxido de amonio) mejora los valores nutritivos de la torta de palmiste, reduce el contenido de fibra bruta y aumenta el contenido de proteína bruta (A'dilah y Alimon, 2011).

Con el fin de aprovechar eficientemente la torta de palmiste actualmente se está realizando un tratamiento biológico. Consecuentemente el alto contenido en polisacáridos sin almidón de la pared celular de la torta de palmiste contribuye a la baja digestibilidad de sus nutrientes (Dusterhoft y Voragen, 1991). Sin embargo, la adición de enzimas fibrolíticas (enzimas que degradan los carbohidratos) o proteolíticas a las dietas basadas en torta de palmiste tiene un gran potencial para liberar sus nutrientes y energía no disponibles (Ng, 2004). Además de utilizar enzimas comerciales, los complejos multienzimáticos producidos a partir de hongos también podrían utilizarse como agente para mejorar el contenido de nutrientes de la torta de palmiste.

La acuicultura en el mundo y la necesidad de abaratar los costes de la alimentación

Los océanos y las aguas continentales tienen un enorme potencial (que será aún mayor en el futuro) para hacer una contribución significativa a la seguridad alimentaria y la nutrición adecuada para una población mundial que se espera alcance los 9.700 millones de personas en 2050 (FAO, 2016). Las capturas mundiales totales de pescado, tanto en el mar como en agua dulce, ascienden a 95 millones de toneladas por año, de las cuales dos tercios (60 millones) son para consumo humano. La producción acuícola, en cambio, es de 59,4 millones de toneladas, de las cuales el 69,6% proviene de China y el 21,9% de otros países asiáticos.

Los diez principales productores son, en el siguiente orden, China, India, Filipinas, Indonesia, Japón, Vietnam, Tailandia, República de Corea, Bangladesh y Chile. La acuicultura, según el informe, suministra el 43% del pescado consumido. Esta cifra es sorprendente considerando que en 1980 solo representaba el 3%. El constante desarrollo acelerado de la acuicultura en los últimos años es conocido como la "Revolución Azul" por la industria y los países, y es comparable al mismo fenómeno que ocurrió en la agricultura. (Rivera, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2018), informó que la producción mundial de pescado alcanzó un nivel máximo de 171 millones de toneladas en 2016, de las cuales la acuicultura representó el 47% del total, y el 53% (excluyendo los productos no alimentarios para la población humana como la harina y el aceite de pescado). Para el año del 2016 se estimó un ingreso por la venta de la producción de pescado y acuicultura de USD 362.000 millones, de los cuales USD 232.000 millones fueron de producción acuícola.

Actualmente, la producción de acuicultura es el sector de producción animal más rápido del mundo; donde es más pronunciada en Asia, contribuyendo con el 90% de la producción mundial de animales acuáticos (Ng, 2004). El coste de los piensos y la alimentación de la acuicultura constituye casi el 60% del coste total de producción, siendo las materias primas para piensos proteínicos como la harina de pescado y el SBM las más caras. Como los precios de las fuentes de alimentación de proteínas siguen aumentando a lo largo de los años, el uso de subproductos producidos localmente como la torta de palmiste en la dieta de pescado se hace popular. Sin embargo, debido al alto contenido en fibra de subproductos de proteínas vegetales, la suplementación de enzimas exógenas en los alimentos de acuicultura se vuelve popular (Ng y Chong, 2006). Un estudio de Ng y Chong (2006) para evaluar el uso de enzimas disponibles comercialmente en dietas de tilapia roja que contienen sólo el 40% de torta de palmiste junto con dietas de torta de palmiste sin suplementar al 10 y 20% de torta de palmiste, reemplazando a la torta de semillas de oleaginosas de la soya en la dieta basal.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Producción e importancia de la torta de palmiste del Ecuador

En Ecuador la torta se obtiene de la almendra de la palma africana (*Elaeis guineensis*) y se utiliza principalmente en alimentación de ganado bovino, aunque también ha sido experimentado en la cría de aves, cerdos y peces debido a su alto contenido nutricional. La torta de palmiste se puede extraer mediante dos métodos: por *spellers*, con la cual se tiene un alto contenido de grasa (12 % aproximadamente); y por solventes, con bajo contenido de grasa (2 %). Energéticamente, la torta de palmiste tiene los siguientes valores:

- Nutrientes digestibles totales: 65,4 %
- Energía digestible: 3,23 %
- Energía metabolizable: 2,26 Mcal Kg⁻¹
- Energía neta de ganancias: 1,42 Mcal Kg⁻¹
- Energía neta para lactancia, 1,37 Mcal Kg⁻¹

El procesamiento de almendra de palmiste era anteriormente desarrollado fuera de las plantaciones en plantas establecidas en centros urbanos. Durante los últimos años, muchos palmicultores han ido realizando los montajes necesarios para este proceso en sus plantas de beneficio, con lo cual se presenta oferta de este producto en todas las zonas palmeras del país (Nullvalue, 2012). Este autor continúa aportando que para los animales en lactancia se producen dos alimentos que complementan la dieta: la torta de palmiste energizada, que tiene un mayor contenido de grasa o energía, ideal para fincas con pastos de buena proteína, porque le ofrece al animal fibra y energía. La torta de palmiste con proteína, especial para lugares con malos pastos y vacas en lactancia, porque les permite mantenerse en buenas condiciones físicas. Este

producto es una buena oportunidad para los ganaderos que buscan complementar el suministro de concentrados a sus reses, porque además de mejorar su crecimiento y condición física, es una opción rentable. Su contenido bromatológico es: humedad 12%, proteína 14 %, fibra 30%, grasa 2%, ceniza 4%, calcio 0,24%, fósforo 0,40%, magnesio 0,18%, energía digestible 3, 23 Mcal Kg⁻¹ y energía metabolizable 2,26 Mcal Kg⁻¹(Nullvalue, 2012).

2.2. Sistema industrial para la obtención de aceite y torta de palmiste en Ecuador

Aguilera (2001), aporta que, del procesamiento industrial del fruto de la palma aceitera, se obtienen tres tipos de productos comerciales: el aceite crudo de palma (proveniente del mesocarpio del fruto), el aceite de palmiste (que se obtiene de la almendra del fruto) y la torta de palmiste (Díaz *et al.*, 2003). De este procesamiento se generan cuatro subproductos: vástago, cáscara, torta de almendra y fibra del mesocarpio (Figura 1).

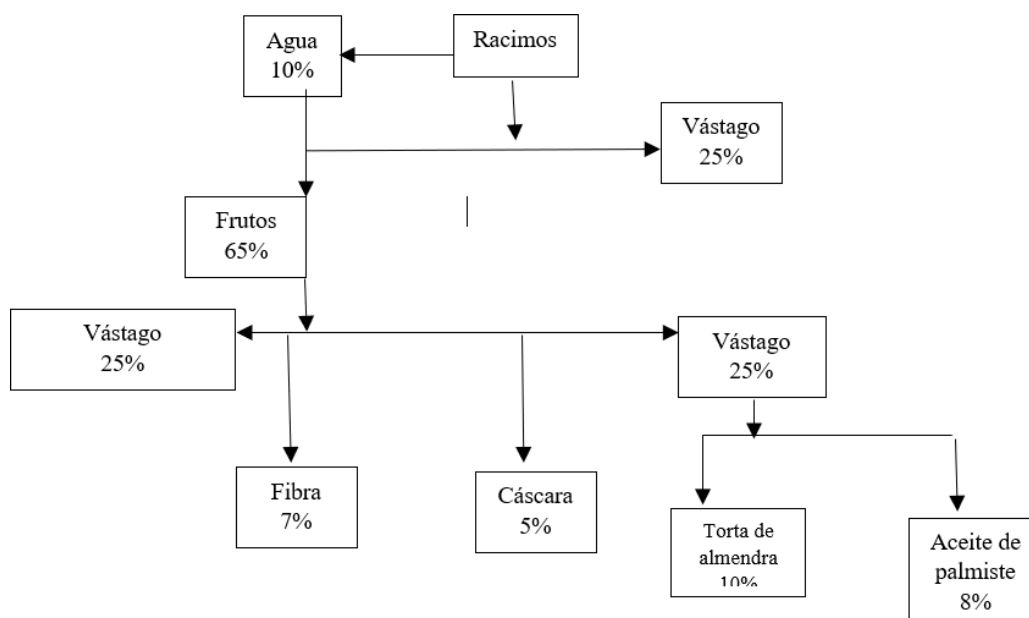


Figura 1. Fraccionamiento del fruto de la palma.
Fuente: Aguilera (2002); Díaz *et al.* (2003)

Estos pueden ser utilizados, entre otros, para el cultivo de plantas en viveros, fertilizantes, materiales de relleno en vías rurales, fabricación de productos utilizados en carpintería, ingrediente de alimentos balanceados para animales. Este proceso básicamente es similar al que se lleva a cabo en Ecuador.

Kartika (2005), revela que el procesamiento industrial del fruto de la palma de aceite se lleva a cabo a través de procesos mecánicos y de calentamiento. Para la extracción de aceite a partir de racimos de fruta fresca (RFF) se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Esterilización con vapor de los racimos para activar las enzimas lipasas y destruir los microorganismos responsables de la producción de ácidos grasos libres, que disminuyen la calidad del aceite crudo de palma.
- b. Separación de la fruta de los racimos.
- c. Aplastamiento, trituración y calentamiento del fruto.
- d. Extracción del aceite de la fruta macerada (mediante una prensa hidráulica).
- e. Clarificación del aceite de palma
- f. Separación de la fibra del endocarpio.
- g. Secado, clasificación y cracking del endocarpio.
- h. Separación del endocarpio de la almendra (torta).
- i. Secado de la almendra y empaquetado.

Vargas y Zumbado (2003) han constatado que un grupo de productos importantes para la industria de alimentos balanceados son los subproductos derivados de la extracción del aceite de la fruta de la palma africana, los cuales se indican en la Figura 2.

En este sentido, Suarez (2010) y Rivas (2011), realizan una descripción del proceso productivo de la palma de aceite en Ecuador: el primer paso en el proceso productivo de Sistema de Extracción de Pasta y Aceite de Palmiste (SIEXPAL) es la recepción de materia prima, que

es 100% Palmiste, proveniente de empresas extractoras de aceite de palma de la zona de Santo Domingo, que elaboran aceite y manteca de palma, pero no procesan el palmiste, motivo por el cual lo vende a SIEXPAL.

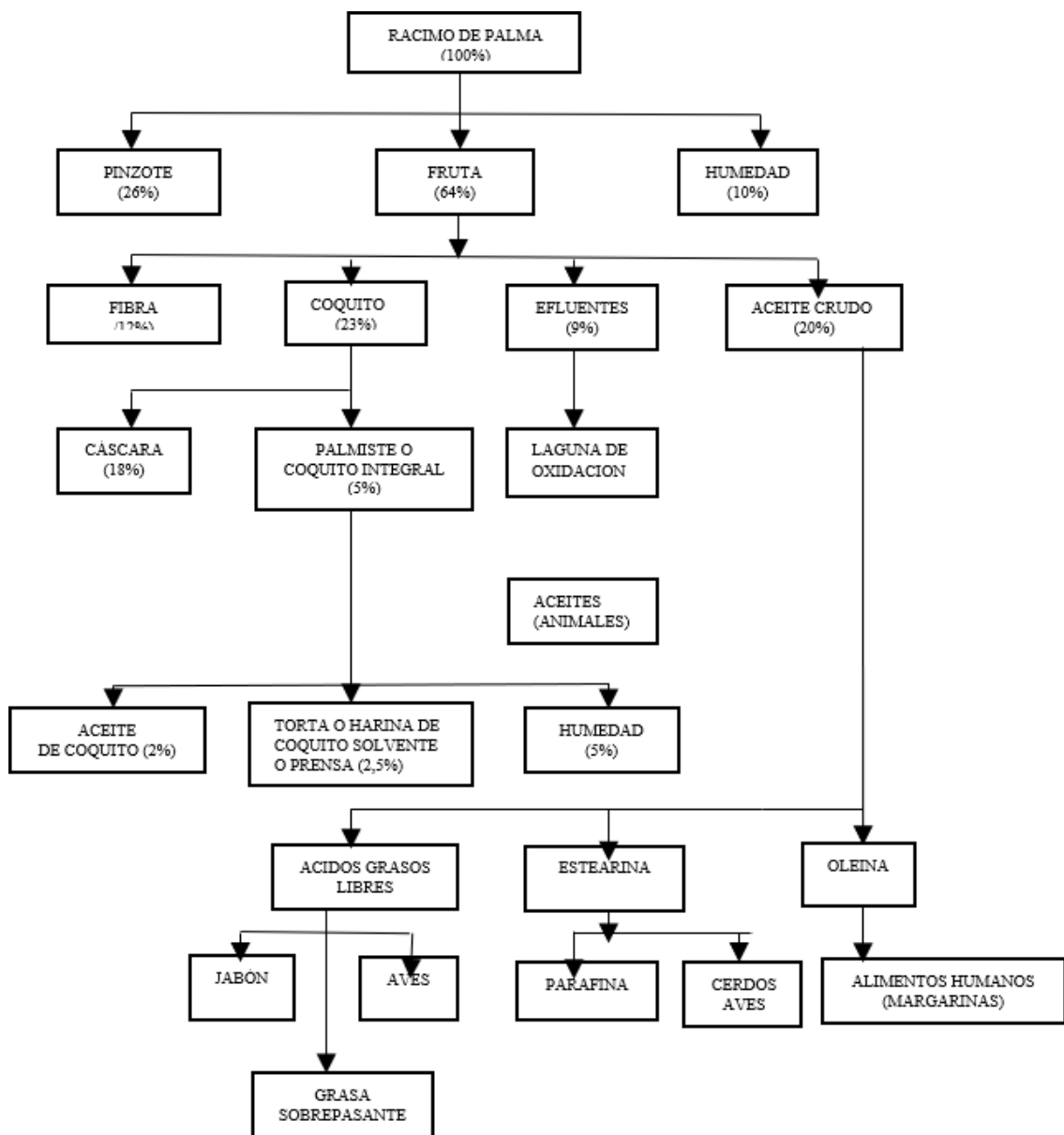


Figura 2. Productos y subproductos del procesamiento de la palma africana.
Fuente: Vargas y Zumbado (2003)

El palmiste llega a la zona de recepción de materia prima en camiones. En primer lugar, se mide su peso y luego es descargado mediante palas mecánicas y transportado al lugar donde se lo almacenará para su posterior procesamiento. A este nivel, se determinan las condiciones físicas (material genético o variedad, grado de madurez y condiciones subestándares) de los racimos de fruta fresca que ingresan en la planta extractora, mediante procesos cuantitativos y cualitativos. En segundo lugar, se realiza el desfrutado, cuyo objetivo es separar el fruto de su soporte natural (tusa) mediante colisiones aleatorias recíprocas producidas en una máquina que permite el aprovechamiento de fuerzas centrifugas.

En tercer lugar, el pulido, con ayuda de palas mecánicas se transporta el material (palmiste) hacia una tolva de 5 m x 5 m donde se procesan diariamente 100 toneladas aproximadamente; y desde este lugar se dirige mediante un tornillo sin-fin, que es el adecuado en casos de transporte de materiales a granel, va hacia la cámara de pulido, en donde se liman y pulen las asperezas y se realiza la primera clasificación de granos. Los elementos extraños son separados del proceso. Posteriormente, se sube el material mediante un elevador de cangilones hacia los ventiladores de tiro inducido, que se encuentran en el cuarto nivel, los cuales retiran pequeñas partículas que pueden haberse adherido a la materia, dejándola de esta manera más limpia.

En cuarto lugar, el partido. Por gravedad caen las almendras al tercer piso o nivel de la palmistería, y llegan hasta los rompedores. Esta herramienta permite romper o partir la parte dura del palmiste y dejar descubierta la almendra o la parte blanda, de la cual se extraerá el aceite y la pasta del palmiste. Para este paso es muy importante la separación anterior, ya que si la nuez es muy grande o contiene impurezas puede dañar la rompedora. En este punto el personal

de control de calidad se encarga de verificar y analizar las impurezas presentes en la materia prima.

En quinto lugar, el separado, por gravedad. La materia prima llega al segundo piso, transportada a través de tubos por donde fluye aire de unos grandes ventiladores de tiro inducido. Estas turbinas elevan a la parte dura (cuesco) por ser más liviana; y por el peso dejan caer a la almendra, que continúa su camino, hacia dos nuevas pulidoras que sirven para clasificar y separar aún más la nuez de la almendra. Una vez separado el cuesco de la almendra, ésta se dirige mediante tornillos sin fin hacia las secadoras. De esta manera se separan 58 toneladas de cuesco que es la parte exterior dura del palmiste y que llegan directamente a una gran área de terreno en forma de relleno. Las otras 42 toneladas, que en este caso son de almendra, siguen el proceso para la extracción del aceite.

En sexto lugar, el secado. En esta sección, se encuentran 9 secadoras que funcionan mediante calor producido en sus hornos con la quema de la cáscara o la nuez del palmiste. El calor es transmitido hacia las secadoras mediante una turbina. El interior de las secadoras está dividido en 4 compartimentos donde la materia va desde arriba, que es la parte menos caliente hacia la parte más baja, que se encuentra a 80°C. Después de 3 horas, aproximadamente, la materia es transportada por un sinfín hacia el módulo de prensado. Diariamente se transportan 41,5 toneladas de almendra seca, aproximadamente. Antes de llegar al prensado, se toma una muestra para realizar el control de calidad respectivo, controlando la humedad de la almendra que debe estar entre el 2 y 2,5 %. Para ello, se utiliza un equipo electrónico donde se introduce la muestra de almendra molida.

En séptimo lugar, el prensado. El tornillo sinfín que se dirige hacia las 4 prensas llega primero a un elevador de cangilones que sirve para introducir la almendra seca llegando hacia

las prensas en donde se extrae el aceite crudo que se dirige a tanques de almacenamiento de producto final. El proceso productivo del aceite llega a su final brindando aproximadamente 20 toneladas de aceite sin filtrar diarios. El proceso de extracción de la pasta de palmiste continúa con el molido.

En octavo lugar, el molido, posterior al prensado. La pasta es procesada mediante enfriamiento por conducción de doble fondo, por donde atraviesa agua fría. Una vez que el material se ha enfriado lo suficiente regresa a la ensacadora automática. En este puesto se recoge una muestra para realizar el control de calidad respectivo.

En noveno lugar, el ensacado Este proceso se realiza en una ensacadora automática que es capaz de ensacar más de 30 sacos por hora. En este puesto hay un operario que sella y lleva los sacos sobre su cabeza hacia el área de almacenaje.

En décimo y último lugar, el almacenaje de producto terminado. El almacenaje de la pasta de palmiste se realiza en sacos de yute de 45 Kg, apilados en columnas de 15 sacos, en un área aproximada de 768 m². La estibación de los sacos se lleva a cabo manualmente, por medio de personas contratadas para el caso. La capacidad productiva de la planta extractora es de 20 toneladas de aceite diario, 22,5 toneladas de torta de palmiste y de 58 toneladas de cuesco, a partir de 100 TM de palmiste; y un consumo de energía eléctrica de 470 KW mensuales.

2.3. Valor nutritivo de la torta de palmiste

La torta de palmiste es un subproducto que aparece tras la extracción del aceite del palmiste ya sea en forma mecánica o con solventes. La torta producida por extracción con solventes tiene un contenido de aceite más bajo; es muy valiosa por cuanto aporta proteínas y energía, utilizándose para la alimentación de ganado lechero. Así mismo, se emplea como

alimento en criaderos de porcinos y granjas avícolas. Es un suplemento alimenticio para animales, que por sus características nutricionales puede ser utilizado solo, o mezclado con otras materias primas. Tiene una textura gruesa y un contenido de grasa y humedad que permiten un fácil manejo durante el almacenamiento y una buena aceptación por parte de los animales (Varela, 2010).

Los principales nutrientes que, hasta la presente fecha, se han investigado de la torta de palmiste, fueron los presentados por Campabadal (1993), quien primeramente manifiesta que de la almendra se obtienen dos subproductos: el palmiste integral y la torta de palmiste. El primero se caracteriza por su alto contenido de grasas (40 – 44%), donde predominan los ácidos grasos saturados láurico y mirístico. Presenta valores muy altos de energía metabolizable ($4.705 \text{ Kcal Kg}^{-1}$), 8% de proteínas, 0,17% de metionina, 0,29% de aminoácidos azufrados y 0,28 de lisina. El nivel de fibra obtenido está en un rango de 10 – 12%, que para ovinos este nivel no es un limitante. La torta de palmiste presenta niveles bajos de energía metabolizable ($2.075 \text{ Kcal Kg}^{-1}$), pero niveles altos de proteína (21,3%), de un valor biológico aceptable (Zumbado, 1989). El contenido de metionina es de 0,47%, mientras que el de lisina es de 0,69%. Presenta un nivel relativamente alto de fibra (17,5%).

Los contenidos de grasa, energía metabolizable, proteína y fibra son variables si comparamos con los valores nutricionales obtenidos por Nullvalue (2012), el cual indica que la torta de palmiste se obtiene de la almendra y se utiliza principalmente en alimentación de ganado bovino, aunque también ha sido experimentado en la cría de aves, cerdos y peces debido a su alto contenido nutricional.

Según Molinos Champion S.A (1997), las especificaciones físicas para su aceptación o rechazo por parte del ganado se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas de la torta de palmiste

Variable	Características
Color	Blanco grisáceo, el picoteado negro se debe a las finas partículas de semilla
Olor	Agradable con olor a coco
Densidad	0,5979 g/V
Hongos	10,5% máximo
Infestación	Libre de mohos y libre de ácaros

Fuente: Molinos Champion (1997).

La composición bromatológica del palmiste se resume en la Tabla 2. La composición de la HCPAM producida en Costa Rica es muy semejante a los datos encontrados en la literatura (Nwokolo *et al.*, 1976, Fetuga *et al.*, 1977, Lekule *et al.*, 1990, Novus, 1994, Onwudike, 1986), excepto con el contenido de EE que es un 20% mayor en las harinas producidas en Costa Rica (13,2 vs 10,9). Se observó gran variabilidad en el contenido de nutrientes, especialmente FB y EE, tanto en los productos producidos en Costa Rica como en los aportados en la literatura.

La composición del CIPA se destaca por su alto contenido de grasa (45 -50%) y un nivel de PC del 9% sobre la materia seca. Presenta variabilidad en la FB, la cual se debe a distintas cantidades de cáscara (endocarpio) residual de la nuez en el proceso industrial del descascarillado. Jackson (1993), encontró un contenido de cáscara (endocarpio) residual entre 3 y 13%, con una media de 7,48%, la cual afecta su valor nutritivo. Además, por cada 1% de cáscara presente en el CIPA, se disminuye en 21,5 Kcal/Kg el contenido de energía metabolizable (EM) para aves.

Tabla 2. Composición química de la torta de palmiste

Variable	Composición química 1997	Composición química 1998
Humedad	3,4 %	3,4 %
Proteína total	12,5% mínima	15,1 %
Proteína digestible	7,00 % mínima	
Grasas	2,50 % mínima	
Fibra bruta	14,0 % máxima	24,0 %
Carbohidratos		67,0 %
Extracto Etéreo		8,0 %
Cenizas	6,00 %	8,5 %
Calcio	0,28 %	0,6 mg/g
Fósforo	0,50 %	4,9 mg/g
Cobalto		0,005 mg/g
Magnesio		0,8 mg/g
Potasio		8,1 mg/g
Sal	2,00 %	
Sodio		17,1 mg/g

Fuente: Molinos Champion (1999).

El fraccionamiento de la fibra de los subproductos del coquito de la palma africana se presenta en las Tablas 3 y 4 (Vargas y Zumbado, 2003). La HCPAS es el producto con mayor contenido de FND y lignina, seguido de HCPAM y el CIPA el cual por su contenido mayor de EE diluye los valores de fibra. Se resalta en estos dos productos el contenido bajo de CNF, con valores de 9,8, 38,8 y 0% para HCPAS, HCPAM y CIPA, respectivamente. Debido a la alta concentración de FND, FA y lignina, las HCPAS y HCPAM son utilizados en la alimentación de rumiantes y en poca concentración en la alimentación de monogástricos.

Tabla 3. Composición de algunos subproductos de la palma africana (% sobre materia seca)

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n
Datos del CINA (Costa Rica)*									
Materia seca, %	90,00	1,11	5	93,80	2,54	58	91,47	1,61	59
Proteína cruda, %	17,50	1,99	5	15,74	1,77	52	9,14	0,67	8
Fibra cruda, %	18,50	5,34	5	18,41	4,70	44	10,80	3,13	8
Extracto etéreo, %	3,30	1,49	5	13,15	5,00	27	49,87	3,86	9
Cenizas, %	4,10	0,44	5	3,67	0,52	34	2,13	0,67	8
ELN, %	55,60	5,82	5	48,35	5,38	27	25,88	3,37	6
Datos del CINA y literatura**									
Materia seca, %	89,98	1,16	11	91,28	1,73	13	91,57	1,12	10
Proteína cruda, %	17,34	2,24	11	17,06	3,14	13	8,78	0,45	10
Fibra cruda, %	16,90	2,32	11	18,51	6,02	13	12,14	2,40	10
Extracto etéreo, %	1,75	0,87	11	10,94	4,02	13	46,44	4,38	6
Cenizas, %	4,02	0,40	11	4,31	0,56	13	2,00	2,00	5
ELN, %	59,91	4,48	11	48,55	6,24	13	29,50	2,77	5

HCPAS: harina de coquito de palma africana extraída por solvente. HCPAM: harina de coquito de palma africana extraída por prensa. CIPA: coquito integral de palma africana sin exocarpio. X: media. DE: desviación estándar. n: tamaño muestral.
ELN: extracto libre de N.

* n = (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

** n = se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Fuente: Vargas y Zumbado (2003).

Tabla 4. Fraccionamiento de la fibra de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca)

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n
Datos del CINA (Costa Rica)*									
Materia seca, %	89,89	1,50	8	91,31	1,98	10	91,70	0,30	8
Fibra cruda, %	16,70	2,80	6	18,60	1,77	8	13,00	1,18	3
FND, %	69,73	8,69	6	66,82	5,87	6	45,50	1,16	8
FAD, %	43,70	6,55	8	41,71	2,90	8	31,34	1,35	8
Lignina, %	12,73	2,68	3	8,57	1,86	0	11,29	1,34	8
Silica, %	0,54	.....	1	.....	.....	3	0,14	0,08	8
CNF, %	9,76	5,01	5	3,77	2,80		0,0		8

HCPAS: harina de coquito de palma africana extraída por solvente. HCPAM: harina de coquito de palma africana extraída por prensa. CIPA: coquito integral de palma africana sin exocarpio. X: media. DE: desviación estándar. n: tamaño muestral.

FND: fibra neutro detergente. FAD: fibra ácido detergente. CNF: carbohidratos no fibrosos

* n = (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

** n = se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Fuente: Vargas y Zumbado (2003).

Estos mismos autores establecen el contenido de energía de los diferentes subproductos derivados del coquito de la palma africana, para cerdos, bovinos y aves y los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido de energía de algunos subproductos de la palma africana (% sobre materia seca)

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n
Datos del CINA (Costa Rica)*									
Materia seca, %	89,85	1,32	8	91,46	1,72	11	91,47	1,61	99
Proteína cruda, %	17,11	2,12	8	17,87	2,29	11	9,14	0,67	8
Extracto etéreo, %	1,93	0,86	8	9,68	2,58	11	49,87	3,86	9
Fibra cruda, %	16,63	1,83	7	16,50	4,42	11	10,80	3,13	8
Cerdos									
ED, Kcal Kg ⁻¹	3.007	10	2	3.216	188	4	4.780	...	1
EM, Kcal Kg ⁻¹	2.867	...	1	3.021	271	5	...	...	..
Rumiantes									
TDN	73	3	5	73	5,78	5	113	3	6
ED, Kcal Kg ⁻¹	3.382	212	6	3.418	54	5	4.964	154	6
EM, Kcal Kg ⁻¹	2.931	212	5	2.912	87	6	4.563	155	6
Aves									
EMA, Kcal Kg ⁻¹	1.399	331	4	1.789	759	3	4.230	1	
EMn, Kcal Kg ⁻¹	1.296	.....	1	2.198	575	2	.....	.....	.....
EMV, Kcal Kg ⁻¹	1.670	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....
EMVn, Kcal Kg ⁻¹	.....	.....	.....	.....	.....	....	4.627	150	10

HCPAS: harina de coquito de palma africana extraída por solvente. HCPAM: harina de coquito de palma africana extraída por prensa. CIPA: coquito integral de palma africana sin exocarpio. X: media. DE: desviación estándar. n: tamaño muestral. TDN: Nutrientes Digestibles Totales. ED: Energía Digestible

ELN: extracto libre de N.

* n = (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

* n = se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos. Fuente: Vargas y Zumbado (2003).

Destacan en los datos un contenido alto de energía del CIPA con valores de energía digestible (ED) de 4.780 y 4.964 Kcal/Kg de MS para cerdos y rumiantes, respectivamente (Zumbado y Jackson, 1995). En aves, según Zumbado *et al.* (1989) el valor es de 4.230 Kcal Kg⁻¹ de EM. La HCPAM, por su contenido mayor de grasa en relación con la HCPAS, tiene más energía para todas las especies (Lekule *et al.*, 1990, Onwudike, 1986, Babatunde *et al.*, 1975, Nwokolo *et al.*, 1976, Yeong *et al.*, 1981, Novus 1994).

En cuanto al contenido de minerales en los subproductos de la palma, son bajos en la mayoría de los minerales importantes, con excepción del hierro y manganeso, en donde se observa los valores de más de 300 y 200 mg Kg⁻¹ de MS, respectivamente (Tabla 6) (Novus, 1994, Hutugalund *et al.*, 1981, Yeong *et al.*, 1981, Nwokolo *et al.*, 1976, Fetuga *et al.*, 1977, Babatunde *et al.*, 1975, Onwudike, 1986). Además, estos investigadores manifiestan que estos subproductos de la palma africana tienen como aminoácidos limitantes la lisina, treonina y los azufrados totales.

Tabla 6. Contenido mineral de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca)

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n
Datos del CINA (Costa Rica)*									
Materia seca, %	88,92	0,95	6	91,44	1,75	5	94,20	....	1
Calcio, %	0,29	0,02	7	0,27	0,07	4	0,15	.....	1
Fosforo, %	0,69	0,07	7	0,61	0,09	4	0,37	.....	1
Fósforo disponib, %	0,19	0,08	3	0,20	.....	1	0,14	....	1
Cloro, %	0,17	0,04	5	0,49	0,29	3	0,11	.....	1
Magnesio, %	0,38	0,12	7	0,29	0,03	4	0,19	....	1
Potasio, %	0,85	0,42	6	0,61	0,14	4	0,37	.....	1
Sodio, %	0,02	0,01	6	0,09	0,05	4	0,01	.....	1
Azufre, %	0,30	0,03	3	0,32	.....	1	.....	....	.....
Hierro, mg Kg ⁻¹	306,8	87,43	5	402,0	264,7	3	.....	.....	.....
Zinc,	67,33	19,49	6	49,75	6,60	4	.....	....	.....
Cobre,	30,71	3,15	7	27,75	4,19	4	19	.....	1
Manganeso,	222,0	57,90	6	20,50	72,43	4	138	.....	1
Selenio,	0,13	0,01	3	....	....	....	.....	....	.....
Yodo,	1,23	0,06	3	....	....	....	.....	.....	.....
Cobalto,	1,14	0,02	3	0,12	0,00	2	.....	.....	.....

HCPAS: harina de coquito de palma africana extraída por solvente. HCPAM: harina de coquito de palma africana extraída por prensa. CIPA: coquito integral de palma africana sin exocarpio. DE: desviación estándar
ELN: extracto libre de N.

* n = se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Fuente: Vargas y Zumbado (2003).

La composición bromatológica de la torta de palmiste se resume en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición de nutrientes de la torta de palmiste

Ingredientes (%)	Alimon¹	Dairo and Fasuyi²
Materia seca	88.0-94.5	91.8
Proteína cruda (CP)	14.5-19.6	20.0
Fibra cruda (CF)	13.0-20.0	-
Extracto etéreo	5.0-8.0	15.47
Ceniza	3.0-12.0	8.6
Calcio	0.2-0.3	-
Fósforo	0.48-0.7	-
Energía metabolizable, MJ/Kg		
Pollo	6.50-7.50	-
Amino ácidos, g/16 g N		
Lisina	2.68	-
Metionina	1.75	-

Fuente: ¹Alimon (2004) and ²Dairo and Fasuyi (2007)

2.4. Utilización de la torta de palmiste en ensayos de producción animal

Fedepalma (1996) reporta que la crisis económica que atraviesa el sector agropecuario hace pensar en la búsqueda de nuevas alternativas de producción, haciendo énfasis sobre la utilización de los subproductos agropecuarios en la alimentación animal, tal es el caso de la torta de palmiste que es una fuente alimenticia no convencional disponible en diferentes zonas del país, dedicadas a la explotación de la Palma de aceite (*Elaeis guineensis*). Continúa indicando que por ser una fuente nutricional con considerable aporte de proteína y energía es comúnmente usada en la preparación de alimento para animales, especialmente para rumiantes, como también en la alimentación de cerdos y aves por familias campesinas de la zona.

Para Preciado y Arroyo (2007) la determinación del contenido bromatológico nutricional a nivel de laboratorio de un subproducto industrial para la elaboración de un alimento balanceado, se obtendrá pautas claras y concisas a los pequeños productores de palma africana, campesino y al industrial productor de balanceados para granjas avícolas, ganaderas y de cerdos, del uso de los subproductos de palma africana. Lo que permitirá una formulación adecuada para

cada requerimiento nutricional de los animales y el uso de raciones proporcionales para cada fase de crecimiento y desarrollo. Esto con el fin de brindar también a la agroindustria, una alternativa de máximo aprovechamiento de estos subproductos industriales.

El crecimiento y producción sostenible de la acuicultura se ha dirigido a la reducción progresiva del uso de harina de pescado proveniente de la pesca silvestre como componente de los alimentos acuícolas (Francis *et al.* 2001); así, la sustitución de la harina de pescado como única fuente proteica de las dietas se ha convertido en el principal desafío para la industria (Pelletier y Tyedmers 2007). El-Sayed (1999) manifiesta que la harina de pescado sigue siendo la fuente principal de proteína en la dieta de los cultivos de acuicultura comerciales, el creciente costo de esta ha servido de estímulo para muchas investigaciones acerca del uso de fuentes alternas de proteína vegetal.

Entre las proteínas probadas el mayor éxito comercial lo tiene el alimento de soya. Los países tropicales importan grandes volúmenes de alimento de soya que es utilizado como fuente de proteína en la elaboración de alimentos para animales. Win (2005) manifiesta que el Fish Nutrition Laboratory de la University Sains de Malasia ha iniciado una serie de experimentos con el fin de mejorar el valor nutritivo de la torta de palmiste, abordando cada uno de estos tres importantes desafíos de manera que puedan incorporarse niveles más elevados de torta de palmiste en el alimento para pescados.

Wan (2005) logra el uso de torta de palmiste en acuicultura y manifiesta que las investigaciones sobre el empleo de torta de palmiste en acuicultura, en Malasia, es muy limitada. Continúa indicando que algunos estudios iniciales indican que la torta de palmiste puede ser tolerada hasta 30% en raciones para bagre (*Clarias gariepinus*) y 20% en tilapia (*Oreochromis niloticus*) sin que se presenten efectos adversos en crecimiento y rendimiento (Saad *et al.* 1994).

Además, presenta un ejemplo de formulación para bagre africano es: torta de palmiste 30%, harina de pescado 20%, harina de yuca 15%, harina de soya 31%, sagú 1%, minerales y vitaminas 2% y aceite vegetal 1%. En forma similar que con muchos ingredientes para harinas con base vegetal y de semilla de aceite, existen varios factores que pueden limitar la incorporación de la torta de palmiste en las dietas de pescados. Estos incluyen: i) Contenido proteico relativamente bajo, ii) posible deficiencia de aminoácidos, y iii) presencia de factores antinutricionales.

La mayor parte de la torta de palmiste que se produce en Malasia se exporta a bajos precios a Europa, donde es utilizada como concentrado para la alimentación de vacas lecheras. La torta de palmiste es uno de los ingredientes establecidos del alimento para rumiantes, ya que constituye una valiosa fuente de proteína, energía y fibra. También se ha experimentado con éxito con la incorporación de niveles bajos de torta de palmiste en alimentos para aves de corral y cerdos (Onwudike, 1986). El bajo costo y la disponibilidad de la torta de palmiste en muchos países tropicales donde se practica la acuicultura han generado mucho interés por su potencial utilización en la dieta de pescados, debido a que existe poca información acerca de este tema (Wing, 2005).

Existen varios estudios que han demostrado que la suplementación de enzimas exógenas o la adición de enzimas en dietas que contienen torta de palmiste podría mejorar su calidad nutritiva y hacerla más disponible, especialmente a las aves de corral (Daud *et al.*, 1997; Sekoni *et al.*, 2008; Chong *et al.*, 2008). El nivel recomendado de PKC para varias clases de animales ha sido descrito por Wan Zahari y Alimon (2005) (Tabla 8).

Tabla 8. Niveles recomendados de la torta de palmiste en alimentos para ganado

Ganado	Niveles recomendados (%)
Ganado vacuno	50-80
Vacas lecheras	30-50
Oveja	Máximo 30
Cabra	30-50
Pollos de engorde	15-20
Gallina ponedora	15-25
Cerdos	15-25
Peces de agua dulce	10-20

Fuente: Wan Zahari and Alimon (2004)

2.5. Digestibilidad de la dieta en peces de acuicultura

Actualmente la producción piscícola requiere de dietas con alta calidad nutricional, bajo impacto ambiental y económicamente rentables, para lo cual es necesario conocer la digestibilidad de los diferentes ingredientes de la dieta (Glencross *et al.*, 2006; Vásquez *et al.*, 2010) y de la dieta misma (Fontainhas-Fernandes *et al.*, 1999). Continúan indicando que un alimento puede parecer como una excelente fuente de nutrientes si se tiene en cuenta su composición química, pero es necesario que el material sea digerido y absorbido por la especie; la digestibilidad mide la habilidad de los peces para digerir y absorber los nutrientes del alimento (Köprüciü y Özdemir, 2005).

En la época contemporánea se observa en los países tropicales en desarrollo una tendencia al incremento de la producción acuícola y con ella un incremento en el uso de alimentos artificiales, lo cual implica un incremento en la demanda de insumos para la fabricación de alimentos balanceados para peces entre los que destaca la harina de pescado, principal fuente de proteína, de la que los alimentos para peces contienen entre 50 y 75% (Tacon, 2017). La industria de acuícola se encuentra ante un difícil panorama, ya que la disponibilidad

de harina de pescado es incierta e inestable, además de que su creciente precio influye sobre el costo de los alimentos, limitando la rentabilidad de las empresas.

La digestibilidad es un proceso fisiológico que mide la capacidad de una especie para digerir y absorber los nutrientes (Gutiérrez *et al.*, 2009), criterio que puede ser acogido para los estudios de evaluación de la calidad nutricional de los ingredientes para la determinación de la eficiencia de las dietas completas, por medio de la cuantificación de la fracción del nutriente o de la energía absorbida del alimento que no es excretada en las heces (De Silva y Anderson, 1995). La determinación de la digestibilidad de los ingredientes utilizados en la elaboración de dietas para peces es imprescindible para mejorar su eficiencia alimenticia (Teixeira *et al.*, 2010). La selección de los ingredientes con mayor digestibilidad posibilita la mejoría en los índices zootécnicos y disminución en la polución del agua (Oliveira *et al.*, 2007).

Dumas *et al.* (2007), reporta que la alta mortandad durante el cultivo de peces en las etapas iniciales de su desarrollo se debe en parte al desconocimiento de la capacidad digestiva de los organismos para hidrolizar los diversos nutrientes presentes en la dieta. En estas circunstancias, las proteínas son el principal determinante del peso vivo (biomasa) ganado por los peces, cuyo contenido de aminoácidos esenciales juega un papel importante como combustible metabólico en los peces (Kaushik & Seiliez, 2010). Actualmente, se han desarrollado diferentes métodos para determinar la digestibilidad de la proteína en diversos ingredientes, utilizando varias técnicas, como es la digestibilidad aparente (in vivo), con marcadores como la zeolita y el óxido crómico; las cuales resultan complicadas y costosas debido al lento crecimiento de los peces, la dificultad de recolectar las heces en el medio acuático y la influencia de los niveles de inclusión de los nutrientes y el aprovechamiento de algunos combustibles (March *et al.*, 1985; Shiau & Liang, 1995).

La digestibilidad puede variar en función del nivel de inclusión del ingrediente en la dieta y generalmente tiende a disminuir en la medida en que aumenta su concentración en la dieta (Furuichi y Yone, 1980; Gonçalves y Carneiro, 2003; Henken *et al.*, 1985). Otros factores también pueden influir como la especie, edad de los peces, las condiciones fisiológicas, la temperatura del agua, la composición de la dieta, la frecuencia de la alimentación y el origen de la materia prima (Abimorad y Carneiro, 2004; Hephher, 1988). La digestibilidad es considerada como uno de los aspectos más importantes en la evaluación eficiente de los ingredientes y requisito para formulación de dietas biológica y económicamente óptimas (Aksnes, 1998; Pezzato *et al.*, 2002).

El valor nutritivo de la dieta depende de la digestibilidad de los ingredientes individuales, pero se puede presentar interacción entre los mismos (Fontáinhas-Fernandes *et al.*, 1999), lo cual genera la necesidad de evaluar la digestibilidad de la dieta y no sólo de los ingredientes.

2.6. Alimentación de la vieja colorada con dietas a base de torta de palmiste

En la región del pacífico y en los territorios de clima cálido del Ecuador, se ha venido desarrollando progresivamente una industria muy promisoriosa para el desarrollo del país. Se trata de la industria de la extracción de aceite de palma africana. En esta industria al igual que otras en el país, se da una constante de aprovechamiento de los recursos agroindustriales. Esto genera desarrollo y progreso del país, pero al mismo tiempo se presenta también el mal uso de estos desechos. Por lo que en muchas ocasiones el mal manejo de los mismos produce un impacto ambiental, dejando rastros y secuelas de contaminación del campo y del ecosistema en el cual se desarrolla de las actividades industriales. Por lo que los investigadores han realizado estudios

para conocer el valor nutricional de estos subproductos para darle un mejor uso en la alimentación animal y minimizar el impacto ambiental de estas zonas industriales.

El subproducto de desecho de palma africana conocida como torta de palmiste se ha venido empleando en la alimentación animal luego del proceso de la extracción del aceite, lo que representa el 4 % del total del fruto. En la actualidad se lo viene aprovechando como fuente de proteínas, carbohidratos, vitamina y minerales, esenciales para la elaboración de los alimentos balanceados de las distintas especies de animales de interés Zootécnico y peces.

El desarrollo de dietas de alta calidad nutricional, bajo impacto ambiental y económicamente rentables para el piscicultor, son una necesidad apremiante de la industria de los alimentos balanceados para peces, especialmente para uso en sistemas de producción intensivos. Raciones con estas características son posibles cuando se formulan con ingredientes de alto valor nutricional (Glencross *et al.*, 2006) y utilizando la información sobre digestibilidad de ingredientes determinada para cada especie en particular (Köprücü *et al.*, 2005).

Con todo ello, se podrá conocer y conservar un recurso ictiológico de aguas continentales propio del litoral ecuatoriano, que cada vez está más amenazado por la pesca indiscriminada, contaminación de ríos y reemplazo por otras especies comerciales extranjeras. En Ecuador existe gran importancia la cría y engorde de la vieja colorada debido a su alto consumo y valor comercial que supera al de la tilapia y al de otras especies nativas de agua dulce tropical. Además, existen pocos estudios por lo que se requiere desarrollar tecnologías de cultivo basadas en las características y necesidades propias de cada especie en sus distintas etapas de desarrollo y en las diferentes regiones.

Cordova y Garcia (2002), manifiestan que en la actualidad los alimentos balanceados comerciales están formulados tomando en consideración el contenido bromatológico nutricional

de los alimentos objeto de estudios en laboratorio, también se miden los parámetros del rendimiento productivo sin conocimiento de la disponibilidad de los nutrientes. Debido a que estas formulaciones toman en cuenta la composición dietética bruta que produjo un crecimiento “óptimo”, pueden ser formuladas bajo el concepto de menor costo únicamente mediante el ajuste de fuente de proteína, en tanto que se deben mantener fijos los requerimientos dietéticos brutos. Las formulaciones que se basan exclusivamente en la composición dietética bruta, y no en la composición digerible, pueden producir alimentos sobre-formulados, incrementando su costo y los niveles de contaminantes, ya que la proteína es el componente más costoso en alimentos balanceados.

Zhoug *et al.* (2004), revela que los alimentos para peces son formulados con distintos ingredientes, donde la harina de pescado es la principal fuente de proteína, debido primordialmente a su alto contenido de proteína bruta y perfil de aminoácidos esenciales, así como su alta digestibilidad de materia seca, energía y nitrógeno. No obstante, este insumo, es de alto costo y se requiere evaluar nuevas fuentes de proteínas y probarlas en especies marinas.

La elaboración de alimentos balanceados para peces en el país se presenta ahora como una solución viable para el desarrollo sustentable de los pequeños productores agropecuarios y una herramienta factible que pase a formar parte de los aportes que surgen en materia de soberanía y seguridad alimentaria. De esta manera, se pretende evaluar la utilización de materias primas nacionales (sustitución de importaciones) para la elaboración de las formulaciones alimenticias, disminuyendo la inversión por alimento y garantizando el suministro de los mismos.

La vieja colorada es una especie perteneciente a la familia Cichlidae, de agua caliente (Anderson *et al.*, 2017), que comprende el mayor grupo de peces que se cultiva en el trópico

(Hanley, 1997) y en los países en desarrollo es una fuente importante de alimento para el hombre (Anderson *et al.*, 2017). A pesar de tratarse de un pez de carne blanca y excelente sabor (Luna *et al.*, 2000), su cultivo se ha desarrollado a nivel de acuario ornamental, aún no se ha caracterizado anatómicamente, no se conoce la curva de crecimiento ni la eficiencia nutritiva (Barnhill *et al.*, 1973). Es nativa de la zona continental de América del Sur, con alta presencia en Ecuador, centrándose entre las nueve especies de importancia comercial que habitan las aguas continentales del Ecuador, Colombia y Perú (Revelo, 2009). No se encuentran disponibles los coeficientes de digestibilidad para esta especie de algunos ingredientes utilizados en la dieta y se hace necesario utilizar información de otros peces de agua caliente (Maina *et al.*, 2002), de aves y de cerdos; con lo cual se generan errores en la formulación debido a la validez de la información (Anderson *et al.*, 2017).

Valbuena (2012) indica que la falta de investigaciones para obtener datos concretos sobre la evaluación de los alimentos y de las exigencias nutricionales trae como consecuencia deficiencias en la nutrición de los peces y por ende altos índices de mortalidad, baja eficiencia alimenticia y desempeño. Esta investigación se propone que la nutrición de los peces de especies nativas en climas tropicales responde a nuevas maneras de entender la alimentación de los mismos, considerando la formulación de las dietas con el reemplazo progresivo de los insumos marinos tradicionales que tienen un alto costo por productos vegetales de bajo costo.

III. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la composición bromatológica nutricional de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq 1763 L.) y estudiar la alimentación de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) con dietas con torta de palmiste en la etapa de cría, juvenil y engorde

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición bromatológica nutricional de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq. 1763 L.), utilizada para la alimentación animal, procedente de las extractoras de aceite de palma en Ecuador en distintas épocas.
- Determinar el rendimiento productivo (peso final, incremento de peso, incremento de peso relativo, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento incremental, consumo de alimento, conversión alimenticia), el costo de la alimentación y la mortalidad de la vieja colorada alimentada con sustitución parcial en la dieta con torta de palmiste durante las etapas de cría, juvenil y engorde.
- Evaluar la digestibilidad de la materia seca, digestibilidad de la proteína, digestibilidad de la energía, índice de eficiencia proteica y valor productivo de la proteína de las dietas utilizadas en estas tres etapas de crecimiento.

IV. CAPÍTULO EXPERIMENTALES

4. CAPÍTULOS EXPERIMENTALES

En este apartado se desarrolla el contenido correspondiente a las cuatro actividades experimentales planificadas para la consecución de los objetivos propuestos en la presente Tesis y publicadas en revistas científicas, por lo que se han estructurado de la misma forma que en la publicación original.

4.1. Composición bromatológica de la torta de palmiste según su origen y períodos de producción

Los resultados obtenidos en este capítulo experimental fueron expuestos en los pósteres:

IV Simposio Latinoamericano de Producción Animal ALPA-ECUADOR, realizado el 13, 14 y 15 de Noviembre del 2014. Quevedo Ecuador

I Simposio Internacional de Ganadería Tropical, realizado el 11 y 12 de Octubre del 2017. Calceta Manabí

Los resultados obtenidos en este capítulo experimental están publicados en el artículo:

Edison Mazón Paredes; Marcelino Herrera Rodríguez; Carlos Mazón Paredes; Antón García Martínez; Manuel Delgado Pertíñez; José Luis Guzmán Guerrero. Bromatological composition of palm kernel meal according to its origin and production periods potential use of palm kernel meal in animal feed. Journal of Oil Palm Research. 2 (2): 28 – 35/2017. ISSN 2528-8172

4.1.1. Resumen

Ecuador tiene una variedad de subproductos agroindustriales, que se pueden utilizar en la alimentación animal, aunque sus valores nutricionales son a menudo desconocidos. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición bromatológica del pastel de almendra de palma (PAP) en muestras de dos plantas de extracción de aceite de palma en dos áreas (Quevedo y Santo Domingo) y dos períodos de producción (agosto y septiembre). Se tomaron muestras aleatorias semanalmente con dos repeticiones para un total de 64 muestras. Materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO), proteína bruta (PC), extracto de éter (EE), fibra bruta (FB), extracto sin nitrógeno (ELN), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina detergente ácida (LAD), calcio, fósforo, energía bruta (EC) y energía metabolizable (EM) fueron determinados. El contenido de MO (62,92%) y EE (10,10%) fue mayor en la planta de

Quevedo, mientras que FB (23,84%) y LAD (24,66%) fueron mayores en la planta de Santo Domingo. El período de muestreo afectó a los contenidos de MS (98,58%), FB (23,98%) y LAD (23,78%), que fueron mayores en septiembre, mientras que EE (10,87%) y fósforo (0,44%) fueron mayores en agosto. Para PC, ELN, FND, FAD, ceniza, calcio, EC y EM, se observó interacción entre los dos factores estudiados. Se concluyó que la mayoría de los parámetros analizados dependen del lugar de origen o de la época de extracción, o de la interacción entre ambos factores.

4.1.2. Introducción

El elevado coste de los productos energéticos tradicionales utilizados para la alimentación animal ha provocado la búsqueda de nuevos productos y la evaluación de su potencial nutricional. Uno de estos cultivos es la palma aceitera (*Elaeis guineensis*). Torta de almendra de palma (TAP) se obtiene cuando se procesa.

Vegas *et al.* (2016) informaron que el cultivo de palma africana en Ecuador comenzó en el área de La Concordia en la década de 1950. Las plantaciones se establecieron con material de *Elaeis guineensis* Deli Dura. Posteriormente, en la Estación Experimental Santo Domingo del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIAP), Ecuador, a través del Programa de Palma Africana, se mejoró el material y se segregaron las plantas locales de Pisífero para obtener el híbrido INIAP Tenera, utilizando palmeras locales (Dura) y padres (Pisífera).

El área de cultivo de palmeras de Ecuador se encuentra en cuatro regiones; la principal se encuentra en el área occidental conocida como el triángulo Quevedo-Santo Domingo-Quinindé. En 2013, el cultivo de palma ascendió a 244 574 hectáreas y la producción nacional

fue de 2,93 millones de toneladas de fruta fresca, lo que significa que por cada hectárea de cultivo se produjo un promedio de 12 TM. La región de Esmeraldas tiene el 61,5% del área cultivada y el 64,8% de la producción total, Los Ríos tiene el 14% del área cultivada y el 9,7% de la producción, Santo Domingo de los Tsáchilas tiene el 6,6% del área cultivada y el 7,9% de la producción y Pichincha tiene el 6,68% del área cultivada y el 5,55% de la producción (Varela, 2010).

Alimon (2004) informó que los análisis proximales de TAP mostraron que se puede clasificar como un alimento energético porque su contenido de proteínas es sólo del 16% al 18%, lo que lo incluiría como un alimento proteico, y su composición química es muy similar a la del gluten de maíz o salvado de arroz. TAP aporta proteínas y energía, pero se considera más como una fuente de proteínas, suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de los rumiantes. El contenido de proteína TAP varía entre 10,0% y 19,8% (Yeong y Mukherjee, 1983; Rahim *et al.*, 2010; Nuzul, 2013). TAP también contiene una gran cantidad de fibra cruda (FB), del 13% al 20% (Alimon, 2004).

Sharmila *et al.* (2014) informaron de que el método de extracción por solvente proporciona una extracción eficiente de aceite, dejando a TAP con un mayor contenido de FB. Además, el uso de diferentes variedades de palma aceitera, diferentes métodos para separar la cáscara de la semilla y diferentes métodos de procesamiento antes de la extracción del aceite también pueden afectar los valores de FB de TAP. Además, los valores nutricionales de TAP han sido ampliamente estudiados y descritos por Alimon (2004) y Dairo y Fasuyi (2007).

TAP se utiliza principalmente en la alimentación del ganado, aunque también se ha utilizado para aves de corral, cerdos y peces debido a su contenido nutricional: materia seca (MS) (88,0%-94,5%), proteína bruta (PC) (14,5%-19,6%), fibra bruta (FB) (13,0%-20,0%),

extracto de éter (EE) (5,0%-8,0%), cenizas (3,0%-12,0%), nitrógeno - extracto libre (ELN) (46,7%- 58,8%), fibra detergente neutra (FND) (66,8%-78,9%).

Según Alimon (2004), la energía metabolizable (EM) de la TAP para rumiantes es 2,5-2,6 Mcal Kg⁻¹, que se considera adecuada para la mayoría de los rumiantes. La TAP se utiliza comúnmente como fuente de energía tanto para el ganado vacuno como para el ganado lechero. Este autor ha informado que, para las aves de corral, la EM en la TAP es bastante bajo (1.6-1.8 Mcal Kg⁻¹). La EM para patos también oscila entre 1.7-1.9 Mcal Kg⁻¹. La EM de cerdo es mayor que el de las aves de corral (2.4-2.5 Mcal Kg⁻¹), pero su ingesta puede disminuir si la tasa de inclusión supera el 30%.

Los subproductos agroindustriales son residuos de plantas de procesamiento; su valor nutricional suele ser bajo, y generan un problema ambiental para la industria. Además, a menudo se desconoce su valor nutricional (Vargas y Zumbado, 2003). Se ha informado de que en Costa Rica y otros países tropicales hay un conocimiento limitado sobre la composición y el uso adecuado de los subproductos agroindustriales que son o podrían ser utilizados por la industria de alimentación animal (Vargas, 2000). Esta variabilidad biológica, la pobre descripción de cada uno de los subproductos utilizados como alimento animal en los diferentes países, la práctica de proporcionar información como promedios sin indicar el número de muestras o la variabilidad en la composición, contribuir a dificultar y confundir la interpretación y el uso de la información publicada (Yeong *et al.*, 1981; Belyea *et al.*, 1989; Arosemena *et al.*, 1995).

Wing Keong (2005) informa que se han realizado estudios en la Universiti Sains Malaysia (USM) para mejorar el valor nutricional del pastel de almendras de palma en relación con el contenido de proteínas. Además, una de las maneras de aumentar el contenido de proteínas de la torta de almendra de palma es a través de la fermentación con un hongo

(*Trichoderma koningii*), que prácticamente duplica el contenido de proteínas de la torta de almendra de palma de aproximadamente 17% - 32% proteína cruda.

La hipótesis de partida para este trabajo fue que la TAP tiene un alto valor nutricional y podría ser utilizado como alimento animal en varias etapas fisiológicas, y que el lugar de origen y la temporada de producción de este pastel de almendra de palma podría afectar su composición bromatológica. Por lo tanto, el objetivo general fue evaluar la composición bromatológica de la TAP en muestras de dos plantas de extracción de aceite de palma con diferentes zonas de origen (los cantones de Quevedo y Santo Domingo) y dos períodos de producción (agosto y septiembre).

4.1.3. Material y métodos

Características de las zonas de origen del subproducto utilizado

Quevedo se encuentra en 1° 20' 30" de latitud sur y 79° 28' 30" de longitud oeste en un área subtropical. El tipo de suelo predominante se deriva de la ceniza volcánica, que proporciona una buena fertilidad y alta retención de humedad. Se encuentra a 74 m sobre el nivel del mar. Este cantón se encuentra entre los últimos pliegues andinos y las llanuras costeras (INMH, 2018).

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas tiene una superficie total de 3857 km². Su posición geográfica está definida por las coordenadas: 0° 40' de longitud norte, y la elevación media es de 655 m sobre el nivel del mar. Se encuentra en los flancos exteriores de la cordillera occidental de los Andes, y un clima tropical lluvioso predomina en toda la provincia. La estación

seca se caracteriza por las bajas temperaturas entre julio y diciembre, y la estación lluviosa se caracteriza por las altas temperaturas entre enero y mayo (INMH, 2018).

Procedimiento de muestreo

Se tomaron muestras aleatorias de la TAP durante el proceso de producción continua en agosto y septiembre de 2016, en dos plantas de extracción de aceite de palma, una ubicada en Quevedo y la otra en Santo Domingo, Ecuador. Las muestras pesaban 1 Kg y se tomaban dos veces por semana con dos réplicas cada una, para un total de 64 muestras analizadas (2 plantas de extracción de aceite x 2 períodos de producción x 4 semanas x 2 muestras/ semana x 2 réplicas/semana).

Análisis químico-bromatológico de los subproductos

Los análisis químicos de las muestras se realizaron en los Laboratorios Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIAP) en Izabamba (0° 21' S, 78° 33' O y 3058 m de elevación), durante los meses de agosto y septiembre de 2016. La muestra (unidad experimental) se mezcló cuidadosamente sobre una superficie plana utilizando el método de cuartos, en el que se tomaron porciones de los dos cuartos opuestos y se mezclaron de nuevo, y la operación se repitió tantas veces como fuera necesario hasta obtener la cantidad deseada. El peso final de la muestra para el análisis fue de 1 Kg de la TAP. Las muestras se homogeneizaron y se colocaron en bolsas de plástico herméticas y se etiquetaron. Antes del análisis, las muestras fueron trituradas y pasadas a través de un tamiz de 1 mm de diámetro en un molino de Willey. DM (método 934.01), cenizas (método 942.05), extracto de éter (EE, método 920.39), PC (método 984.13) y CF (método 978.10) se determinaron con arreglo a métodos AOAC (AOAC, 2006). Además, el extracto sin nitrógeno (ELN) se determinó por diferencia, $\% \text{ELN} = \% \text{MS} - (\% \text{PC} + \% \text{FB} + \% \text{ceniza} + \% \text{EE})$.

Los valores totales de nitrógeno (N) fueron determinados por el procedimiento de Kjeldahl, que convierte N en CP multiplicando por el factor 6.25. Los análisis de la fibra neutro detergente (FND), la fibra ácido detergente (FAD) y la lignina detergente ácida (LDA) se realizaron de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) y se expresaron sin cenizas residuales. Todas las fracciones de fibra fueron analizadas en un Fibretec 1030 Hot Extractor (Tecator AB, Suecia). El contenido de grasa se midió por extracción con éter de petróleo (punto de ebullición 40°C a 60°C) en una unidad de extracción del Sistema Soxtec 1040 (FOSS Tecator AB, Suecia). La energía bruta (EC) se determinó mediante una bomba calorimétrica adiabática (modelo Parr). El calcio se determinó por el método de titulación redox indirecta y el fósforo se encontró por determinación colorimétrica en una solución de bicarbonato de sodio utilizando un Bausch y Lomb Spectronic 20 Colorimeter. La energía metabolizable se calculó utilizando la metodología de ecuaciones matemáticas (Gasa y Castrillo, 1992; Aguilera, 2001).

Tratamiento estadístico

Los resultados de la composición bromatológica de las muestras se analizaron mediante un análisis ANOVA utilizando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico SPSS para Windows (versión 24.0, IBM Corp., Armonk New York, EE.UU.). El modelo consideró los factores de origen fijo (P) y mes (M) y la interacción entre ellos.

El modelo matemático se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + M_j + (P \times M)_{ij} + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Observaciones para variables dependientes

μ = Media global

P_i = i-ésimo efecto de los niveles de factor (P, origen),

$i = 1, 2$

$M_j = i$ -ésimo efecto de los niveles de factor (M, mes),

$j = 1, 2$

$(P \times M)_{ij} =$ Efecto de la interacción entre los niveles del factor P y los niveles del factor M.

$\epsilon_{ij} =$ Efecto aleatorio (Error experimental).

Si se encuentra un efecto significativo de interacción entre los principales factores, las medias de los diferentes grupos se someterán a una comparación múltiple de medias utilizando el test de Tukey.

4.1.4. Resultados

La Tabla 9 muestra la composición bromatológica de la TAP para muestras tomadas en Quevedo y Santo Domingo, Ecuador. El contenido de MS, fósforo y EC no mostró diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las áreas de Quevedo y Santo Domingo. MO, PC, EE, ELN, ceniza y EM fueron mayores ($p \leq 0.001$) en las muestras de TAP del cantón de Quevedo; sin embargo, el contenido de calcio, FB, FND, FAD y LAD fueron mayores para el cantón de Santo Domingo.

Tabla 9. Composición bromatológica de la torta de palmiste según el mes de muestreo y el origen (Quevedo y Santo Domingo).

Composición química (%, base MS)*	Origen (P)		Mes (M)		EEM	Significancia		
	Quevedo N=16	Santo Domingo N=16	Agosto N=16	Septiembre N=16		P	M	PxM
DM (%)	98.42	98.42	98.26	98.58	0.04	NS	***	NS
Materia orgánica (%)	65.92	61.52	62.86	64.59	0.63	***	NS	NS

Proteína cruda (%)	19.07	17.68	20.05	16.70	0.35	***	***	***
Grasa bruta (%)	10.10	9.64	10.87	8.87	0.20	***	***	NS
ELN (%)	46.70	33.74	37.07	43.36	1.31	***	***	***
Fibra cruda (%)	22.74	23.84	22.70	23.88	0.19	***	***	NS
FND (%)	81.74	83.16	82.43	82.48	0.28	**	NS	***
FAD (%)	60.98	64.79	61.51	64.26	0.54	***	***	***
LAD (%)	19.75	24.66	20.63	23.78	0.68	***	***	NS
Cenizas (%)	5.26	4.23	4.75	4.73	0.09	***	***	****
Calcio (%)	2.87	2.97	2.85	2.99	0.02	***	***	***
Fosforo (%)	0.43	0.41	0.44	0.41	0.01	NS	*	NS
EC (Mcal Kg ⁻¹ DM)	4.90	4.73	4.71	4.91	0.05	NS	*	*
EM (Mcal Kg ⁻¹ DM)	2.16	1.47	1.53	2.10	0.08	***	***	***

¹DM: materia seca; NFE: extracto sin nitrógeno FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácida detergente; ADL: lignina detergente ácida; CE: energía bruta; ME: energía metabolizable. El ME se calculó utilizando las siguientes ecuaciones (Gasa y Castrillo, 1992; Aguilera, 2001): ME (KJ) = 15,66 x MOD (g) y MOD (%) = 107,01 - 0,963 x ADF (%; DM); donde MOD es la materia orgánica digestible.

²NS = no significativo ($p \geq 0,05$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

En cuanto a la temporada de muestreo, la Tabla 9 muestra que para la mayoría de los parámetros estudiados (MS, ELN, FB, FAD, LAD, calcio, EC y EM), los valores fueron mayores (al menos $p \leq 0,05$) en septiembre, excepto para PC, EE, cenizas y fósforo, que fueron mayores (al menos $p \leq 0,05$) en agosto. No se encontraron diferencias entre los dos meses de muestreo de materia orgánica (MO) y FND ($p \geq 0,05$).

Se encontró un efecto significativo en la interacción entre el origen y el mes (al menos para $p \leq 0,05$) para las variables PC, ELN, FND, FAD, ceniza, calcio, EC y EM (Tabla 9). La Tabla 10 y las Figuras 3 y 4 muestran la prueba de separación de las medias para cada uno de estos parámetros. Debido a la naturaleza de la interacción para ELN, FAD, ceniza y EM

(interacción ordenada, Ott y Longnecker, 2010), sólo los principales efectos fueron interpretados anteriormente. Se puede ver cómo las muestras tomadas en agosto tenían un contenido de PC y EC más alto cuando venían de la zona de Quevedo, mientras que, para las muestras tomadas en septiembre, el contenido era similares en muestras de ambas zonas (Figuras 5 y 6).

Tabla 10. Efectos de (origen x mes) sobre la composición bromatológica de la torta de palmiste en diferentes muestras de extractores de aceite en zonas Quevedo y Santo Domingo

Composición química (% base DM) ¹	Origen ²			
	Quevedo		Santo Domingo	
	Mes		Mes	
	Agosto (n = 8)	Septiembre (n = 8)	Agosto (n = 8)	Septiembre (n = 8)
ELN (%)	42.30 ^b	51.10 ^a	31.85 ^d	35.63 ^c
FAD (%)	58.48 ^b	63.49 ^a	64.53 ^a	65.04 ^a
Cenizas (%)	5.25 ^b	4.27 ^a	4.25 ^c	4.20 ^d
EM (Mcal/Kg ⁻¹ DM)	1.81 ^b	2.52 ^a	1.25 ^d	1.69 ^c

¹DM: materia seca; NFE: extracto sin nitrógeno FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácida detergente; ADL: lignina detergente ácida; CE: energía bruta; ME: energía metabolizable. El ME se calculó utilizando las siguientes ecuaciones (Gasa y Castrillo, 1992; Aguilera, 2001): ME (KJ) = 15,66 x MOD (g) y MOD (%) = 107,01 - 0,963 x ADF (% DM); donde MOD es la materia orgánica digestible.

²Medias con letras diferentes en la misma fila y factor indicant diferencias significativas (p≤0.05)

Para el FND ocurrió lo contrario; para las muestras tomadas en agosto, el contenido de FND fue mayor en el área de Santo Domingo y no se encontraron diferencias entre los dos orígenes para septiembre (Figura 3). El contenido de calcio fue mayor en las muestras de Santo Domingo en septiembre, mientras que en agosto no hubo diferencias entre las dos fuentes (figura 4).

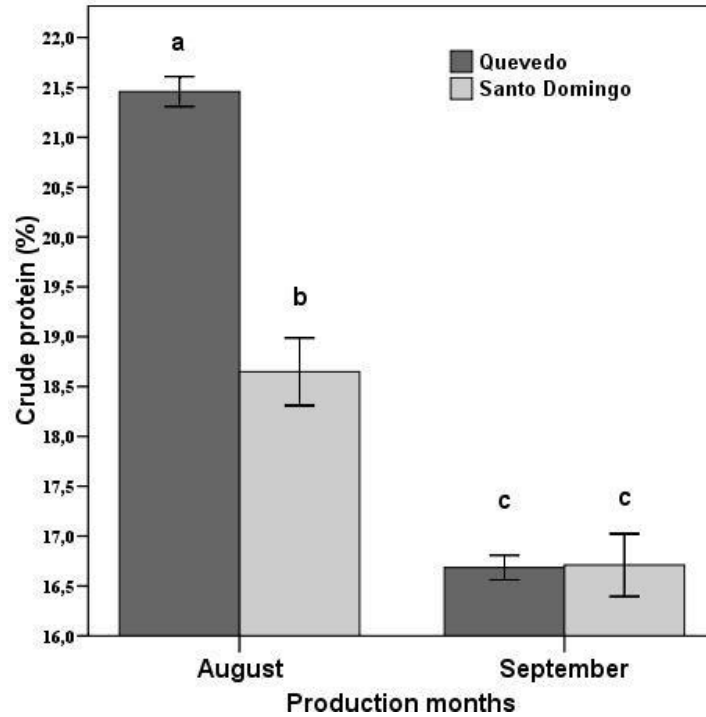


Figura 3. Interacción de origen (P) y mes (M) sobre el contenido de proteína bruta (PC) (porcentaje de MS) para diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b,c indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).

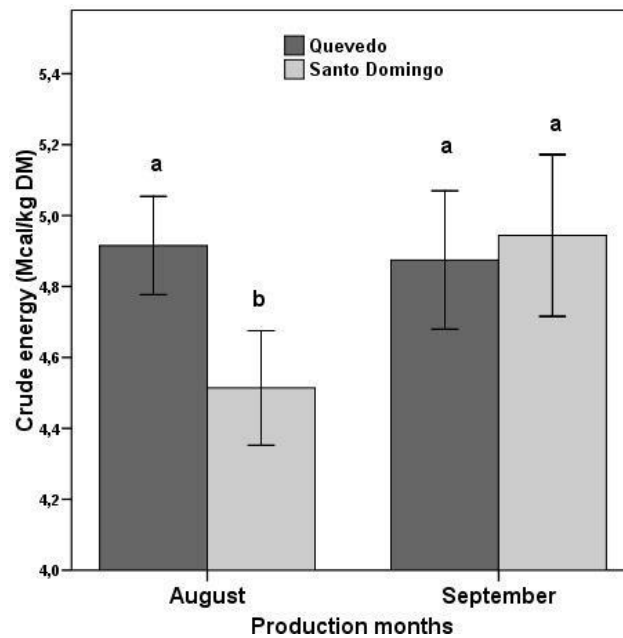


Figura 4. Interacción de origen (P) y mes (M) para contenido de energía bruta (EC) (Mcal Kg⁻¹ DM) en diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las áreas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).

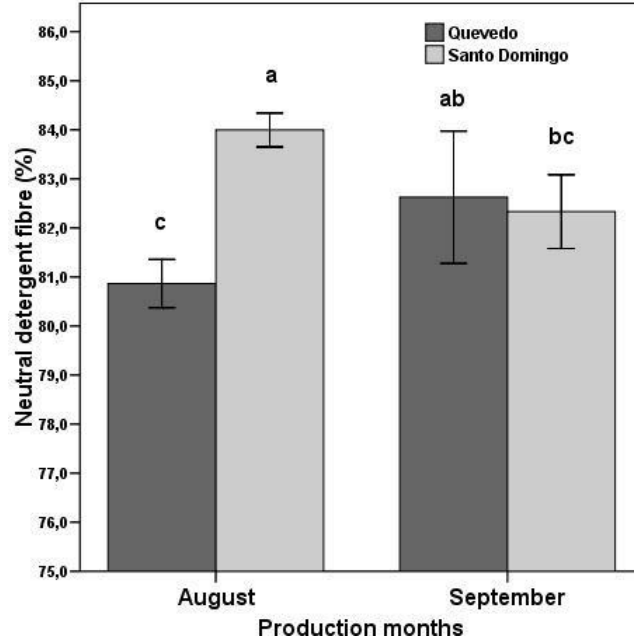


Figura 5. Interacción del origen (P) y del mes (M) sobre el contenido de fibra neutro detergente (FND) (porcentaje de MS) para diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b,c indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).

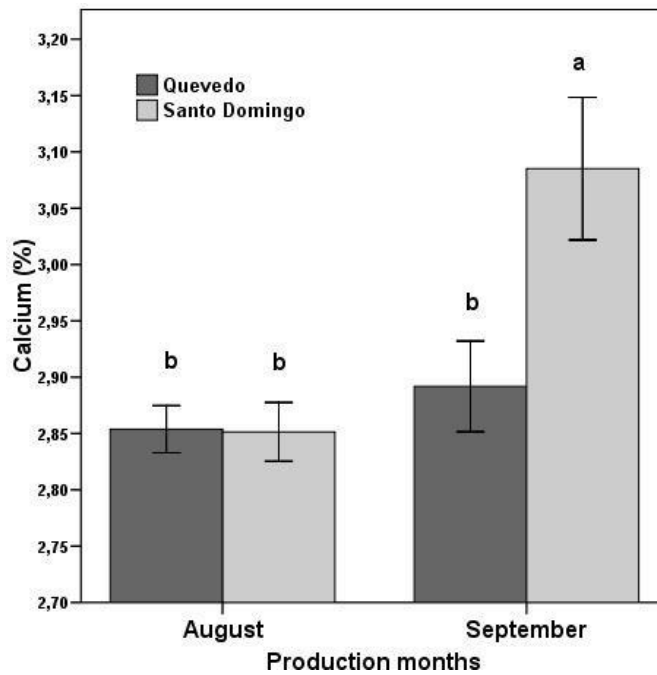


Figura 6. Interacción de origen (P) y mes (M) para el contenido de calcio (% base MS) de diferentes muestras de extractores de aceite de palma en las zonas de Quevedo y Santo Domingo. Los valores presentados son los medios con barras de error estándar. a,b indican diferencias significativas entre los valores medios ($p \leq 0.05$).

4.1.5. Discusión

Las palmeras africanas cultivadas en el Ecuador son materiales genéticos que se adaptan a las condiciones específicas del país; son variedades altamente productivas y resistentes a las enfermedades y proporcionan beneficios a largo plazo. Todo esto se ha logrado gracias a los ensayos en institutos internacionales de investigación y producción: Palm Elit SAS, Institut de Recherche pour Les Huiles et Oléagineux (IRHO) y Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour Le Développement (CIRAD), /con la participación conjunta de genetistas ecuatorianos que recogieron e interpretaron los resultados obtenidos en ensayos en diferentes localidades con el fin de crear y desarrollar semillas altamente productivas adaptadas a las condiciones locales.

El procesamiento industrial de la palma aceitera también ha mejorado en los últimos años y el contenido bromatológico (PC y EC) de este subproducto ha aumentado y su apariencia ha mejorado. Dado el contenido bromatológico nutricional mejorado, podría utilizarse tanto para rumiantes como para no rumiantes (Alimon, 2004; Dairo y Fasuyi, 2007).

La composición bromatológica de los nutrientes de TAP varía mucho según los datos encontrados en la literatura (Babatunde *et al.*, 1975; Nwokolo *et al.*, 1976; Fetuga *et al.*, 1977; Hutagalung *et al.*, 1981; Yeong *et al.*, 1981; Onwudike, 1986; Lekule *et al.*, 1990; Novus International Inc., 1994; Vargas y Zumbado, 2003). El contenido de MS producido en las áreas de Quevedo y Santo Domingo mostró valores superiores a los descritos en la literatura (Alimon, 2004) (88.0%-94.5%) y Vargas y Zumbado (2003) afirmaron que el 90% de la harina de almendra de palma africana fue extraída por solvente (HCPAS) y el 93,80% de la harina de almendra de palma africana fue extraída por la prensa (HCPAM).

El PC obtenido en las áreas de estudio fue mayor que el registrado por Alimon (2004) (14,5%- 19,6%) y mayor que el reportado por Vargas y Zumbado (2003), con 12,5%, 15,1% y 17,5% de HCPA, respectivamente. El contenido de ceniza obtenido en las áreas de estudio fue inferior al registrado por Alimón (2004) (3,0%-12,0%), y similar al registrado por Vargas y Zumbado (2003) en Costa Rica con 4,10%. Estos resultados podrían deberse a que la variedad de palma aceitera cultivada en Malasia y Costa Rica es diferente de la variedad plantada en Ecuador, y también a las diferentes condiciones edafológicas y climáticas en estos diferentes estudios.

El calcio reportado en las áreas de estudio fue mayor que el encontrado por Alimon (2004) (0,21%- 0,34%) y Vargas y Zumbado (2003), con 0,29% de HCPAS y 0,28%, respectivamente. El contenido de fósforo en las áreas de estudio fue inferior al reportado por Alimon (2004) (0,48-0,71%) en 0,50%. La variabilidad de los resultados de la composición bromatológica de las muestras de tortas de palmiste en el experimento se debió posiblemente a las diferentes edades de las plantas elegido para cosechar el fruto (Fairhurst, 2010).

También puede deberse a varios factores ambientales que afectan la producción de palma africana y disminuyen su potencial productivo y la calidad de la fruta fresca. Algunos de estos factores ambientales incluyen latitud, altitud, precipitación, topografía, y textura y estructura del suelo, y actúan indirectamente sobre los diferentes procesos fisiológicos de la planta, mientras que otros lo hacen directamente, como la radiación solar, fotoperíodo, temperatura, la fertilidad del agua y del suelo (Munévar, 2004).

En las áreas de estudio, los valores de FB fueron superiores a los reportados por Alimon (2004) (13.0% - 20.0%) y también superiores a los encontrados por Vargas y Zumbado (2003) (18.40% -18.51%, HCPAS y HCPM, respectivamente). Los valores obtenidos a partir de FND

fueron superiores a los reportados por Alimon (2004) (66.8% - 78.9%) y también a los reportados por Vargas y Zumbado (2003) con 69.73% HCPAS y 66.82%, 69.73% HCPAM, respectivamente. Los valores de FAD fueron superiores a los obtenidos por Vargas y Zumbado (2003) con 43,70% de HCPAS y 66,82 HCPAM, respectivamente. La ELN obtenida en la localidad estudiada, en comparación con los resultados obtenidos por Alimon (2004) (46,7 - 58,8%) y Vargas y Zumbado (2003) (55,6% HCPAS y 48,35% HCPAM) fueron menores.

El aumento del número de componentes de la pared celular observado en el cantón de Santo Domingo se debió a residuos de cáscara de nuez (endocarpio), que permanecen en el proceso industrial. Esta mayor concentración de componentes parietales, junto con un menor contenido de grasa, afecta al contenido energético de este subproducto y explica los valores inferiores encontrados para el EM.

El efecto de la localidad fue favorable para el contenido de MO, PC, EE, ELN, cenizas y EM porque los valores encontrados en Quevedo fueron superiores a los de Santo Domingo debido a los diferentes factores ambientales y del suelo. Los datos relativos a Quevedo y Santo Domingo son inferiores a los observados por Alimon (2004), para rumiantes (2,5-2,6 Mcal Kg⁻¹), aves de corral (1,6 -1,8 Mcal Kg⁻¹), patos (1,7-1,9 Mcal Kg⁻¹) y cerdos (2,4-2,5 Mcal Kg⁻¹).

El proceso de industrialización de la palma aceitera en las dos plantas, en Quevedo y Santo Domingo de los Tsáchilas, fue similar (Urrueta, 2009), por lo que la variabilidad de los análisis de composición bromatológica no puede atribuirse al proceso industrial, pero podría deberse a diferentes tipos de suelo y variabilidad climática en las dos áreas de estudio (Romero *et al.*, 2007).

Pántano *et al.* (2013) informaron que la respuesta del agua del suelo es una función de la variabilidad de la precipitación acumulada mensual. Además, la evapotranspiración potencial mensual es un producto de la interacción entre el suelo y la atmósfera y contribuye en gran medida a la caracterización del sistema climático. En particular, la precipitación y la temperatura son variables importantes para determinar la situación de humedad del suelo, lo que a su vez da lugar a una mayor o menor producción de palma aceitera durante los diferentes meses del año debido a las variaciones de temperatura y las precipitaciones mensuales en las diferentes localidades.

Además, las condiciones ambientales particulares del lugar donde se encuentra cada planta podrían determinar las características de crecimiento, desarrollo y producción de la palma. Para la palma aceitera, como para todas las especies vegetales, la acción de un factor climático es variable y su influencia dependerá de la magnitud del fenómeno ambiental y de la fase de desarrollo del cultivo (Romero *et al.*, 2007).

En cuanto al periodo de muestreo, para la mayoría de los parámetros estudiados (MS, ELN, FB, FAD, LAD, calcio, EC y EM) los valores fueron mayores en septiembre, excepto PC, EE, cenizas y fósforo, que fueron mayores en agosto. Además de los factores mencionados anteriormente, hubo otras causas de variación productiva en las áreas estudiadas.

Estupiñan *et al.* (2013) plantearon que existen otras razones por las cuales las áreas donde se produce la palma aceitera presentan variabilidad productiva, las cuales incluyen: diferentes híbridos, diferentes edades de siembra, diferentes tipos de problemas fitosanitarios, diferentes modos de fertilización, que podrían ocasionar esta variabilidad productiva en cada área de estudio, además de factores climáticos, edafológicos y ecológicos.

4.1.6. Conclusión

El área de origen de la TAP no influyó en el contenido de MS y fósforo; sin embargo, en el área de Quevedo, se encontraron MO, EE, ceniza, ELN, EM y FAD más bajas. Los períodos de producción del proceso industrial de la palma aceitera afectaron a la composición bromatológica de la mayoría de los parámetros estudiados porque los valores obtenidos para MS, ELN, FB, FAD, LAD y EM fueron mayores en septiembre, mientras que los valores de EE, ceniza y fósforo fueron mayores en agosto. Mientras tanto, el contenido de PC, EC, FND y calcio de la torta de almendra de palma fue diferente en cada área de origen dependiendo de cuándo tuvo lugar la extracción, de tal manera que PC y EC fueron más altos en Quevedo sólo en agosto y FND y calcio fueron más altos en Santo Domingo en agosto y septiembre, respectivamente.

4.1.7. Recomendación

Debido a la variabilidad de su composición bromatológica, dependiendo de su origen y tiempo de extracción, la TAP debe analizarse antes de su uso como alimento complementario para animales. Se recomienda realizar un estudio de muestreo en la estación lluviosa (enero a abril) y en la estación seca (junio a agosto), en la zona tropical del Ecuador. Finalmente, se recomienda realizar un proceso de fermentación en forma sólida con hongos, especialmente con el identificado como *Trichoderma koningii* sobre el pastel de almendras de palma para aumentar el contenido de proteínas, ya que esta metodología tiene un buen potencial, según un informe de Ng *et al.* (2002), ya que duplicó el contenido de proteínas del pastel de semillas de palma crudas del 17% al 32%.

4.2. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Mesoheros festae*) en la etapa de cría alimentada con dietas basadas en torta de palmiste

Los resultados obtenidos en este capítulo experimental están publicados en el artículo:

Mazón E, Herrera M, Mazón M, García A, Delgado M, Guzmán J.L. Digestibilidad aparente de dietas con torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa (*Cichlasoma festae*) en la etapa de cría. Revista Ecuatoriana de Investigaciones Agropecuarias, 2 (2): 28 – 35/2017. ISSN 2528-8172

4.2.1. Resumen

El objetivo fue valorar el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo, calculando el incremento de peso (IP), incremento de peso relativo (IPR), tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento incremental (TCI), conversión alimenticia (CA), digestibilidad aparente de la materia seca (MS), proteína (PB) y energía bruta (EB), así como, el costo de esta alimentación y la mortalidad del pez nativo vieja colorada en la etapa de cría. Los peces fueron alimentados con cuatro dietas (0, 4, 8 y 12% de palmiste) y cuatro repeticiones por tratamiento, por 30 días, alojados en 16 jaulas en un estanque. Se determinaron: el peso final (PF), IP, IPR, TC, TCI, CA, los coeficientes de digestibilidad MS, PB y EB, costos de alimentación y mortalidad. No se encontraron diferencias significativas en el PF, IP, IPR, TC Y TCI de la vieja colorada, entre los tratamientos T1, T2 y T3 de inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (T4) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta T1. La CA presentó un mayor valor en la dieta testigo en comparación con la dieta T2 ($p < 0,05$). El T4 evidencio la peor conversión alimenticia ($p \geq 0,05$). A medida que se

incrementó el % de palmiste el costo de la dieta disminuyó significativamente. La inclusión en la dieta de la vieja colorada de hasta un 8% de palmiste no afectó a los parámetros de rendimiento productivo estudiados. Además, se abarata la dieta significativamente.

4.2.2. Introducción

La producción pesquera mundial ha aumentado de forma constante en las últimas cinco décadas y el suministro de peces comestibles se ha incrementado a una tasa media anual del 3,2 %, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1,6 % (FAO, 2014). La alimentación en piscicultura excede el 70 % de los costos de producción. Es la partida más vulnerable y que el técnico y productor deben observar con mayor atención, debido a los constantes cambios que experimenta tanto el mercado acuícola y tecnológico, ofreciendo nuevas alternativas en ingredientes y aditivos, que pueden ser utilizados con ventaja económica en las diferentes fases del proceso productivo (Pereira-Filho, 1995; Abimorad y Carneiro, 2004; Cavalheiro *et al.*, 2007).

En Ecuador no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos vegetales para la producción orgánica de alto valor proteico para ser incluidos en la formulación de dietas para piscicultura. Por tanto, se acentúa la necesidad de explorar en recursos vegetales orgánicos alternativos como sustitutos de fuentes convencionales de proteína como es el caso de la torta de palmiste (Meurer *et al.* 2003; Lund *et al.* 2011; Tusche *et al.* 2011).

Mazón (2016) caracterizó la torta de palmiste procedente de los cantones Quevedo y Santo Domingo (Ecuador), indicando que posee un contenido alto de materia seca (98,42%), un valor medio de proteína bruta (18,38%), un contenido de grasa bruta de 9,87% y de fibra bruta un

valor promedio de 23,96%. Los valores de energía bruta y metabolizable encontrados fueron de 4,81 Mcal Kg⁻¹ MS y 1,81 Mcal Kg⁻¹ MS, respectivamente.

La digestibilidad es la cuantificación del proceso digestivo, con que es convertido un alimento en el aparato digestivo en sustancias útiles para el organismo. Y es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a la alimentación (Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995; Pezzato *et al.*, 2002; Gonçalves y Carneiro, 2005). La vieja colorada es un pez de aguas cálidas de la familia Cicliadae, de carne blanca y excelente sabor (Luna *et al.*, 2000).

Su cultivo se ha desarrollado a nivel de acuario ornamental, aún no se ha caracterizado anatómicamente, no se conoce la curva de crecimiento ni la eficiencia nutritiva a pesar de ser un pez muy conocido y apetecido por la población (Barnhill *et al.*, 1973). Es nativa de la zona continental de América del Sur con alta presencia en Ecuador, centrándose entre las nueve especies de importancia comercial que habitan las aguas continentales del Ecuador, Colombia y Perú (Revelo, 2009). Los factores limitantes para conocer el potencial de esta y otras especies nativas suelen ser la falta de información sobre sus hábitos alimenticios naturales y los requerimientos nutricionales para cada especie en particular (Köprücül *et al.*, 2005).

4.2.3. Material y métodos

Cultivos experimentales

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca “El Peñón del Río”, de la zona de Pambilar de Calope (Los Ríos), perteneciente al cantón Quinsaloma, cuya ubicación geográfica son 1°12'19" S, 79°29'36" W, a una altura de 75 m.s.n.m. Se sitúa en una zona ecológica de

bosque húmedo tropical, temperatura ambiental media anual de 25,47 °C, humedad relativa promedio de 85,84% y una precipitación medio anual 2.223,85 mm. Esta investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de mayo y junio del 2016 (época ceca), con una duración de 30 días.

Se utilizaron 400 alevines de vieja colorada con un peso inicial de $7,4 \pm 1,5$ g, con una densidad de carga de 25 peces por jaula ($0,185 \text{ Kg/m}^2$). Se emplearon 16 jaulas experimentales de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m de altura, cubiertas de una malla de plástico extruido de 6x8 cm, un estanque de agua de 30 x 20 m y 0,8 m de profundidad. Para la biometría de los peces se usaron una balanza eléctrica de 5 Kg de capacidad con una pesada mínima de 1g, un muelle de 30 x 1,5 m, para el suministro de las dietas experimentales. El estanque no contaba con equipamiento de aireadores debido a que estaba abastecido por un flujo continuo de agua altamente oxigenada de 15 l/min y doblemente filtrada, la cual provenía de una represa de agua de 0,25 Ha de superficie. La temperatura del agua fue de $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. El oxígeno disuelto en el agua de los estanques se mantuvo en 11 ± 1 mg/l y el pH en $6,5 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimento no ingerido y materia orgánica de excreción) fueron retirados diariamente por un sistema de desagüe tipo monje.

Los alevines tuvieron un período de adaptación a las jaulas experimentales de siete días antes del inicio del experimento y fueron alimentados con alimento extruido con un alto contenido de proteína para que se acostumbraran al consumo de alimento concentrado. Se formularon cuatro dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) que fueron formuladas por el método de aproximación y error para representar las dietas isoproteicas (42% de proteína total) e isocalóricas (2938, 2998, 3014 y 3007 Kcal Kg^{-1}), utilizando los insumos y las cantidades indicadas en la Tabla 1. La dieta experimental se ofreció,

ad libitum cuatro veces por día (08:00, 11:00, 13:00 y 15:00 horas) durante 30 días. Además, como medida profiláctica, los peces fueron tratados con una solución de azul de metileno (5g/10 l cada 30 días), para evitar la presencia del hongo *Ichthyophthirius* y bacterias patógenas. Asimismo, después de cada muestreo se empleó una solución de azul de metileno diluido en el agua para evitar la contaminación de hongos y bacterias.

Los tratamientos experimentales fueron: T1 (0%), T2 (4%), T3 (8%) y T4 (12% de torta de palmiste en la dieta). Se utilizó el manual de necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo de Vergara (2015), Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (4 dietas con diferente porcentaje de torta de palmiste) y cuatro repeticiones por tratamiento y la toma de datos se efectuaron durante 30 días. Los tratamientos experimentales (dietas) y su composición química se presentan en la Tabla 11.

Variables de respuesta

El comportamiento productivo de la "vieja colorada" se evaluó a través de la determinación y utilización de la tasa de conversión de alimentos. La tasa de conversión de alimentos (TCA) es la proporción existente entre la cantidad de alimentos distribuidos (g) y la ganancia de peso de los peces (g), en el mismo período de tiempo (Tacón, 1989).

$$TCA = \text{Cantidad de alimento distribuido (g)} / \text{Ganancia de peso de los peces (g)}.$$

Los parámetros del control del crecimiento y la eficiencia alimenticia se realizaron por la metodología empleada por Jauralde (2015). Incremento del peso: es el aumento en peso por unidad de tiempo por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) a una determinada temperatura.

$$IP = (Pf - Pi)$$

Donde:

IP = incremento de peso

Pf = peso final

Pi = peso inicial

Tabla 11. Dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste para la fase de crecimiento de la vieja colorada (*Mesoheros festae*).

¹ Ingredientes	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)				Requerim. ⁶
	T0	T4	T8	T12	
Maíz	7,00	3,40	1,40	0,00	
Torta soya	43,00	44,00	45,00	46,00	
Pescado	44,00	42,00	40,00	38,00	
Aceite de soja	2,40	3,00	2,00	0,40	
Torta palmiste	0,00	4,00	8,00	12,00	
Antimicótico ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
Metionina	0,20	0,20	0,20	0,20	
Antioxidante ³	0,05	0,05	0,05	0,05	
Cloruro colina	0,10	0,10	0,10	0,10	
Bentonita	3,00	3,00	3,00	3,00	
Pre mezcla ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10	
Enzima ⁵	0,10	0,10	0,10	0,10	
Composición proximal teórica (%)					
Energía digestible dietaria (Kcal Kg ⁻¹)	2938	2998	3014	3007	3000
Proteína total	42,00	42,00	42,00	42,00	42,00
Fibra	3,30	4,10	4,90	5,80	---
Calcio	2,24	2,16	2,08	2,00	1,00
Fósforo ⁷	1,80	1,70	1,60	1,50	0,80
Arginina	2,35	2,38	2,36	2,47	1,79
Lisina	2,58	2,54	2,47	2,47	0,94
Met+cist.	1,26	1,25	1,24	1,23	0,35
Triptófano	0,44	0,44	0,43	0,44	0,30

¹ Alimento Seco al aire; ² Mollejosanitin; ³ Endox; ⁴ Rovimix pre mezcla: Vitamina A, D3, K, E, B1, B2, B6, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Calcio, Biotina, Ácido Fólico, Colina, Inositol y Vitamina C, Avizyme 1502 (600 U g-1 endo-1,4 beta xylanase EC 3,2,1,8; 8000 U g-1 subtilisin - protease- EC 3,4,21,62; 800 U g-1 alpha amylase EC 3,2,1,1.); ⁵ Necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo. Vergara (2015). Universidad Nacional Agraria La Molina (2015); ⁶ Fósforo total de la dieta.

Incremento del peso relativo: es el aumento en peso por unidad de tiempo a diferentes edades por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) en un determinado rango de temperatura.

$$IPR (\%) = 100 X \frac{(Pf - Pi)}{(Peso\ inicial)}$$

Donde:

IPR = incremento de peso relativo

Pf = peso final

Pi = peso inicial

Tasa de crecimiento: es una medida del aumento o disminución promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días), por la cantidad de alimento ingerido y por la temperatura del agua.

$$TC (\%) = 100 X \frac{(Pf - Pi)}{(Periodo\ de\ tiempo)}$$

Dónde:

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = período de tiempo

Tasa de crecimiento incremental: es una medida del aumento promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días), por la cantidad de alimento ingerido y por la temperatura del agua.

$$TCE (\% /dia) = 100 X \frac{(\ln (Pf) - \ln(Pi))}{(Periodo\ de\ tiempo)}$$

Donde:

TCE = tasa de crecimiento específico (% /día)

\ln = logaritmo natural (logaritmo neperiano)

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = periodo de tiempo

Consumo neto de alimento: es la cantidad de alimento complementario consumido semanalmente menos el residuo de alimento

$$CNA = \text{Peso de los alimentos consumidos (g)} - \text{Peso de los residuos (g)}$$

Donde:

CNA = consumo neto de alimento

El cálculo de la digestibilidad aparente (CDA) se realizó por el método de la recolección total de heces en cada uno de los tratamientos y repeticiones, mediante el sistema Guelph modificado: este método consiste en el uso de un tanque cilíndrico con fondo cónico (acuario metabólico). Donde el abastecimiento de agua y oxígeno es continuo por la parte superior y en el fondo lleva un tubo recolector de heces (Furuya *et al.*, 2001; Vandenberg y De la Noüe, 2001; Abimorad y Carneiro, 2004; Amirkolaie *et al.*, 2005; Henry-Silva *et al.*, 2006), posteriormente se realizará un análisis bromatológico de las heces extraídas y de las muestras de las dietas experimentales empleados en las investigaciones.

La digestibilidad de las dietas experimentales de los peces se determinó por el método directo, también llamado método de recolección total, consistió en la recolección cuantitativa y el análisis de todas las heces producidas. Y tiene como inconveniente el fenómeno conocido como la masticación externa del alimento dentro del agua provocando lixiviación (Mendoza, 1993; Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995). El coeficiente de digestibilidad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Coeficiente digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Ingesta de nutrientes} - \text{Nutrientes en heces}}{\text{Ingesta de nutrientes}} \times 100$$

La digestibilidad puede variar en función del nivel de inclusión del ingrediente en la dieta; normalmente, la digestibilidad disminuye en la medida en que aumentan las concentraciones del ingrediente en la ración (Furuichi y Yone, 1980; Henken et al., 1985; Aksnes et al., 1996; Gonçalves y Carneiro, 2003)

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todos los parámetros analizados del rendimiento productivo fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico Statistical Analysis System Software (System for Windows 9.0, Copyright 2016 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En el modelo se han considerado los porcentajes de torta de palmiste 0, 4, 8 y 12%), analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de medias mediante HSD-Tukey.

4.2.4. Resultados y discusión

Digestibilidad de dietas experimentales

El comportamiento productivo de la especie nativa vieja colorada alimentada con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas se observa en el Tabla 12. Sobre la base de las dietas experimentales con torta de palma, se obtuvieron el DMS, el DPB y el DEB descritos en la Tabla 12.

Tabla 12. Comportamiento productivo y digestibilidad aparente del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría.

Variable ¹	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Digestibilidad materia seca (%)	54,90± 5,06 a	52,10± 5,06 b	51,40± 5,06 c	50,10± 5,06 d
Digestibilidad proteína bruta (%)	84,10± 4,71 a	82,70± 4,71 b	81,30± 4,71 c	79,70± 4,71 d
Digestibilidad energía bruta (%)	68,70± 3,94 a	67,70± 3,94 b	66,70± 3,94 c	65,00± 3,94 d

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento.

No se encontraron diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad aparente ($p \geq 0,05$) entre la dieta de control (0%) y las dietas que contenían 4% y 8% de torta de almendra de palma, sin embargo, el valor más bajo se obtuvo con la dieta que contenía el porcentaje más alto (12 %) ($p \leq 0,05$).

Otros autores, manifiestan que la baja digestibilidad de la torta de palmiste se atribuye normalmente a los altos niveles de polisacáridos no almidonados (PNA) (Wing, 2005) así como, a la composición de la pared de las células (Dusterhoft y Voragen, 1991.). Wing (2005) indica que estos factores antinutricionales impiden la digestibilidad y la utilización de los nutrientes de la torta de palmiste, bien por encapsulación directa de los nutrientes o por el aumento de la viscosidad del contenido intestinal, reduciendo así la tasa de hidrólisis y la absorción de los nutrientes de la dieta. Esta explicación podría ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta de 12% de inclusión en comparación con la dieta control. La adición de enzimas proteolíticas, fibrolíticas o que degradan los carbohidratos a las dietas basadas en torta de palmiste, tiene un gran potencial para la liberación de nutrientes no disponibles y de energía.

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Vásquez et al. (2010) en un estudio de la tilapia y Vásquez et al. (2013) para la cachama. Los coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados en esta investigación concuerdan, de manera general, con los descritos en diferentes estudios con tilapia y cachama para MS, PB y EB similares entre los resultados publicados en la literatura se observan discrepancias, que según consenso entre investigadores pueden ser causadas por diferencias en las metodologías empleadas para la determinación de los coeficientes, entre otras, procesamiento de las dietas, diferencias en los niveles de inclusión del ingrediente investigado, clase de dieta testigo utilizada (Anderson et al., 1995; Boscolo et al., 2008; Furuya et al., 2001 Guimarães et al., 2008; Masagounder et al., 2008), forma de colecta de heces (Meurer et al., 2003), tamaño de los peces, ecuación utilizada para el cálculo de los coeficientes (Foster, 1999) y proceso de elaboración de las dietas experimentales (Allan et al., 2000).

Comportamiento productivo

El rendimiento productivo de los cíclidos de Guayas alimentados con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas de torta de almendra de palma se muestra en la Tabla 13.

Al final del período experimental no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), en el PF, IP, IPR, TC y TCI de la vieja colorada, entre los tratamientos T1, T2 y T3% con inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (T4) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta T1. La investigación sobre el uso de torta de palmiste en acuicultura en países tropicales es muy limitada. La inclusión de la torta de palmiste como fuente alternativa de proteína, como sustitución de la harina de pescado ha sido investigada en especies acuícolas. Algunos estudios iniciales indican que la torta de palmiste puede ser tolerada incluso hasta un 30% en raciones para bagre (*Clarias gariepinus*) y 20% en

tilapia (*Oreochromis niloticus*), muy por encima de los niveles de nuestro trabajo, sin que se presenten efectos adversos en crecimiento y rendimiento (Saad *et al.*, 1994).

Tabla 13. Comportamiento productivo y digestibilidad aparente del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría.

Variable ¹	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Peso final, (g)	12,59± 0,88 a	12,40±0,88 ab	12,41±0,88 ab	12,32± 0,88 b
Incremento del peso (g)	4,58± 0,28 a	4,40± 0,28 ab	4,41± 0,28 ab	4,34± 0,28 b
Incremento peso relativo (g)	57,19±0,15 a	55,00±0,15 ab	55,12±0,15 ab	54,25± 0,15 b
Tasa de crecimiento (%)	15,26± 0,49 a	14,66±0,49 ab	14,70± 0,49 ab	14,46± 0,49 b
Tasa crec.incremental (%)	1,52± 0,07 a	1,47± 0,07 ab	1,48± 0,07 ab	1,46± 0,07 b
Consumo alimento (g)	13,57± 0,54 a	13,00±0,54 b	13,19± 0,54 ab	13,39±0,54 ab
Conversión alimenticia	1,08± 0,05 b	1,05± 0,05 b	1,06± 0,05 b	1,31± 0,05 a
Costo alimento (\$ Kg ⁻¹)	0,994± 0,00 a	0,981± 0,00 b	0,963± 0,00 c	0,945± 0,00 d
Mortalidad (%)	5	1	4	3

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento.

Resultados parecidos, y en las mismas especies tilapia y bagre Wan (2005) y Wing (2005) han encontrado resultados satisfactorios hasta un nivel del 20%. En este sentido, el comportamiento productivo no fue afectado en la alimentación de la cachama (*Piaractus brachypomus*) por el uso de esta fuente alternativa de proteína (Vásquez, 2013). Estos resultados son consistentes con los reportados por Amaya *et al.* (2003), los cuales incorporaron la torta de palmiste hasta un nivel del 8% sin afectar el rendimiento productivo de los peces (tilapia roja) indicando que pueden incorporarse mayores niveles de inclusión. También otros autores han utilizado la torta de palmiste como ingrediente orgánico para la sustitución parcial o total de la

harina de pescado para especies acuáticas sin efectos negativos en los parámetros productivos hasta un 8% (Vásquez *et al.*, 2010).

Al igual que con muchos ingredientes para harinas con base vegetal y de semilla de aceite, existen varios factores que pueden limitar la incorporación de la torta de palmiste en las dietas de pescados. Estos incluyen su contenido proteico relativamente bajo, posible deficiencia de aminoácidos, y la presencia de factores antinutricionales (Wan, 2005). Aunque en este estudio, las dietas con diferentes porcentajes de palmiste contaban con una harina de pescado de exportación con un 59% de proteína total, la que proveyó de niveles adecuados de aminoácidos, además se complementó con la utilización de aditivos nutricionales como la pre mezcla de vitaminas y minerales y metionina sintética. Por eso esta deficiencia en aminoácidos parece no ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta con el mayor porcentaje de inclusión (12%).

Wing-Keong *et al.* (2002) en investigaciones realizadas con tilapias alimentadas con torta de palmiste previamente tratada con enzimas para alimento comercial, demostraron de manera consistente mejor eficiencia en el crecimiento y utilización del alimento, al compararlas con peces alimentados con niveles similares de torta de palmiste cruda. Y manifiestan que hasta 30% de torta de palmiste tratada con enzimas podría incorporarse a la dieta de tilapias rojas sin frenar su crecimiento de manera significativa, resultados consistentes a los reportados por Wing (2005). En este sentido, hay que indicar que las dietas experimentales a base de torta de palmiste que se utilizaron en la alimentación de la vieja colorada en la etapa de cría tenían un complejo enzimático a base de proteasa, xilanasas y amilasa, con el propósito de mejorar la digestibilidad de las mismas.

El consumo de alimento presentó diferencias significativas entre las dietas con el 0 y 4% de torta de palmiste y se puede apreciar un mayor consumo en la dieta testigo. En la conversión

alimenticia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 0, 4 y 8% de la torta de palmiste y, estos, a su vez fueron diferentes a la dieta con un 12% de torta de palmiste, que manifestó la peor conversión alimenticia. Referente a los costos de alimentación, se observó un mayor costo por kilogramo de la dieta elaborada con un mayor contenido de pescado (0% de torta de palmiste). A medida que se iba reemplazando el uso de la harina de pescado en la dieta se iba disminuyendo el costo por kilogramo de alimento (4, 8 y 12% de torta de palmiste). Se resalta que no fue necesaria la suplementación con aminoácidos en las dietas que contenían torta de palmiste, por lo que no hubo un costo adicional, por ello, siendo una alternativa más económica que la utilización de harina de pescado.

Su mayor disponibilidad y menor costo respecto a otros subproductos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja y torta de algodón, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda de otras especies de animales. Tomando como base las dietas experimentales con inclusión de torta de palmiste se obtuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la MS, PB y EB descritos en la Tabla 2. Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre en tratamiento testigo (T1) en relación a los tratamientos T2, T3 y T4, en la MS, PB y EB.

Cuando se analizó la mortalidad entre los diferentes tratamientos, se produjo la muerte de los peces debido a la manipulación por el pesaje inicial y final, medición de las medidas anatómicas externas y al traslado de los peces a los acuarios metabólicos del experimento. También se puede atribuir la mortalidad al ataque de hongos de tipo *Ichthyophthirius* y parásitos externos. No se puede considerar la mortalidad por efecto de las dietas experimentales.

4.2.5. Conclusiones

La inclusión de la torta de palmiste hasta un 8% en las dietas para la alimentación de la vieja colorada en la época de cría, no afecta el rendimiento productivo de los peces en lo que respecta a peso final, incremento de peso, incremento relativo del peso, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento incremental y conversión alimenticia. Al poder incluir hasta un 8% la torta de palmiste en la dieta de la vieja colorada, sin afectar al rendimiento productivo, abarataría significativamente el costo de la dieta. A mayor disponibilidad de torta de palmiste durante todo el año y a menor costo respecto a otros productos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda para el uso de otras especies de animales, lo que en términos económicos también justificaría su uso.

4.3. Rendimiento productivo de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) durante la etapa juvenil alimentada con dietas basadas en torta de palmiste

Los resultados obtenidos en este capítulo experimental están publicados en el artículo:

Edison Mazón Paredes, Marcelino Herrera Rodríguez, Marlene Mazón Paredes, Antón García Martínez, Carlos Mazón Paredes, José Luis Guzmán Guerrero. Productive performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros fesfae*) fed palm meal based diets during the juvenile stage *Hidrobiologica*, 2 (2): 28 – 35/2017. ISSN 2528-8172.

4.3.1. Resumen

El creciente desarrollo de la acuicultura ha favorecido la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas para la alimentación de los peces. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) tratar de presentar los primeros datos sobre el cultivo de una importante especie comercial en el Ecuador, 2) reemplazar la fuente de proteína para la alimentación con el fin de minimizar el problema global de las comidas a base de pescado en la acuicultura. Los peces juveniles de vieja colorada fueron sometidos a 4 tratamientos de alimentación: 0%, 4%, 8% y 12% de inclusión de pastel de palma durante 30 días. Se calcularon y analizaron varios índices zootécnicos al final del cultivo experimental, así como la composición proximal del pienso. La inclusión del 8% de torta de palma no afectó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda o energía bruta. No se encontraron diferencias en peso final, tasa de crecimiento, tasa de conversión alimentaria, tasa de eficiencia proteica y valor de la proteína productiva entre 0, 4 y 8% de tratamientos con contenido de harina de palma. A medida que aumentaba el porcentaje de harina de almendra de palma en las dietas, disminuía la tasa de conversión de alimentos. El aumento de la harina de palma en las dietas reducía los costos. El rendimiento productivo no se vio afectado por la

sustitución del pastel de palma en dietas de hasta un 8% con harina de palma, y derivando en menores costos de producción del alimento.

4.3.2. Introducción

El crecimiento acelerado de la acuicultura proporciona la mitad de todo el pescado para el consumo humano que se vende en el mundo, y más de la mitad del valor de las exportaciones de pescado proviene de países en desarrollo. Sin embargo, esto ha exigido ingredientes de alta calidad y alto costo para la elaboración de piensos para peces, lo que ha limitado el desarrollo de dietas de bajo costo y obstaculizado la sostenibilidad de la industria (Bureau, 1996).

En la piscicultura, el alimento supera el 70% de los costes de producción; es el artículo más sensible, y tanto los técnicos como los productores deberían prestarle mayor atención, dados los constantes cambios en el mercado de la acuicultura y la tecnología, que ofrece nuevas alternativas en ingredientes y aditivos que pueden utilizarse ventajosamente en las diferentes fases del proceso de producción (Abimorad y Carneiro, 2004; Cavalheiro *et al* 2007).

La harina de pescado procedente de peces silvestres sigue siendo la principal fuente de proteínas para la acuicultura comercial (Bureau, 1996), y la harina de pescado procedente de peces silvestres sigue siendo la principal fuente de proteínas para el pescado de piscifactoría (El-Sayed, 1999). Por esta razón, el crecimiento y la producción sostenible de la acuicultura ha buscado reducir progresivamente el uso de harina de pescado (Francis *et al*, 2001), y es el principal reto para la industria (Pelletier y Tyedmers, 2007).

Actualmente en el Ecuador no hay un suministro constante y adecuado de alta proteína y recursos vegetales de alta energía para preparar dietas de piscicultura, destacando la necesidad de explorar nuevos recursos vegetales alternativos para el coste de las fuentes convencionales y

evaluar su potencial nutricional, como la harina de palma (Meurer *et al.*, 2003; Lund *et al.*, 2011; Tusche *et al.*, 2011), que se obtiene mediante el procesamiento de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). La inclusión de la harina de palma como fuente alternativa de proteína para reemplazar la harina de pescado en la acuicultura ha recibido poca investigación en países tropicales como Ecuador.

Algunos estudios iniciales han reportado que la harina de palma puede ser de hasta 30% de las raciones para bagre (*Clarias gariepinus*) y 20% para tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Saad *et al.*, 1994). Según Köprüçü y Özdemir (2005), se sabe que el pienso parece ser una excelente fuente de nutrientes en función de su composición química, pero también es necesario que el alimento se pruebe "*in vivo*", evaluando la digestión y otros procesos nutricionales en las especies objetivo. En este sentido, la digestibilidad es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los diferentes insumos alimentarios (Anderson *et al.*, 1995; Pezzato *et al.*, 2002; Gonçalves *et al.*, 2003).

Se define como "la biodisponibilidad de nutrientes en los piensos e indica la cantidad de un ingrediente en el pienso que es digerido y absorbido por el cuerpo y no excretado en las heces" (De Souza *et al.*, 2012). Estos autores señalaron que no es suficiente tener altos niveles de proteína y energía en el alimento aunque también deben ser digeribles para ser asimilados y así utilizados por el organismo que los consume.

Rodríguez *et al.* (2017) han reportado la cría de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) en Ecuador, una especie autóctona de gran interés por su popularidad y valor comercial, superando la de tilapia y otras especies nativas de agua dulce tropical. Es una especie popular en las zonas rurales y también se comercializa en todo el mundo como un pez ornamental. Sin embargo, existen pocos estudios de investigación sobre esta especie por lo que las tecnologías de cultivo necesitan

ser desarrolladas de acuerdo a las características y necesidades de esta especie a lo largo de su diferente desarrollo, etapas y regiones. También es necesario estudiar y conservar este recurso ictiológico característico de las aguas interiores de las tierras bajas ecuatorianas, cada vez más amenazadas por la sobrepesca, la contaminación de los ríos y la sustitución por especies comerciales extranjeras. Sin embargo, es una especie carnívora (Stawikowski y Werner, 1998), por lo que su cultivo potencial sería limitado por esa razón. En cualquier caso, a nuestro conocimiento no se ha publicado ningún trabajo sobre sus requerimientos nutricionales, por lo tanto, este tema conjunto a la búsqueda de fuentes de proteínas alternativas para la alimentación de peces en Ecuador es un tema de alto interés.

Este estudio se llevó a cabo para ampliar el conocimiento del uso de la torta de palma como ingrediente de alimentación animal, y estudiar el efecto de las dietas basadas en la torta de palma en el desempeño del cíclido del Guayas (*Mesoheros festae*) durante la etapa juvenil en la estación seca.

4.3.3. Material y métodos

Localización

Este estudio se realizó en la finca "El Peñón del Río" cerca de Pambilar de Calope (Los Ríos, Ecuador), en el cantón Quinsaloma. Las coordenadas geográficas son 1° 12 ' 19 " S, 79° 29' 36 " W, y la elevación es de 75 metros sobre el nivel del mar. Se ubica en la zona ecológica de selva tropical, con una temperatura ambiente promedio anual de 25.47 °C, humedad relativa promedio de 85.84% y precipitación promedio anual de 2,223.85 mm. El estudio se llevó a cabo en julio y agosto de 2016 (época seca) durante un período de 30 días (Figura 7).

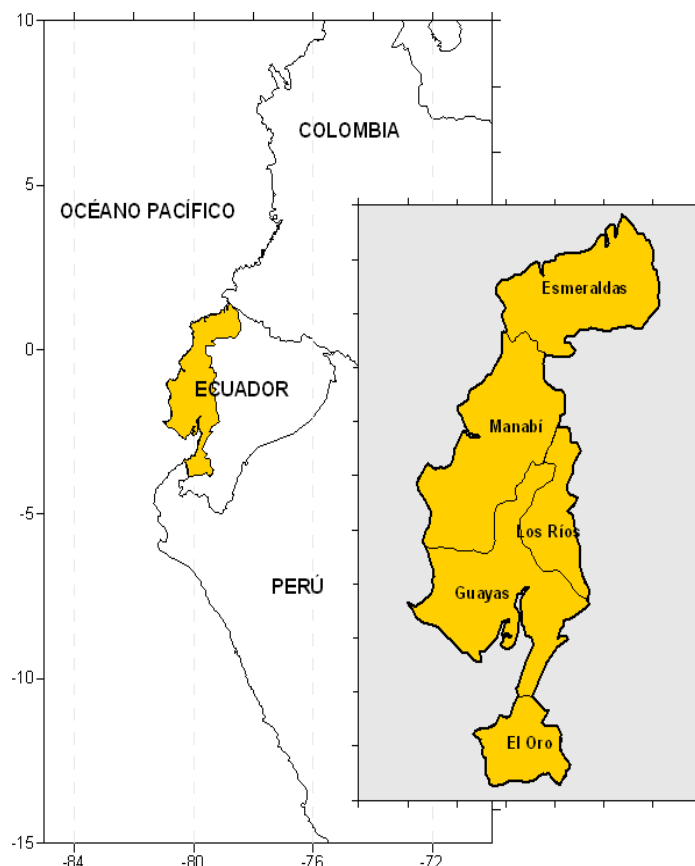


Figura 7. Localización del área experimental en el cantón de Quinsaloma

Diseño experimental

Cuatro dietas experimentales isoproteicas e isocalóricas, T0, T4, T8 y T12, fueron formuladas con porcentajes aproximados de torta de palmiste de 0, 4, 8 y 12%, respectivamente, basados en los insumos y las cantidades indicadas en la Tabla 1. La composición proximal de la torta de almendra de palma (base de materia seca) es la siguiente: 98.42% de contenido de materia seca, 18.37% de contenido de proteína bruta, 9.87% de contenido de extracto de éter, 23.29% del contenido de fibra bruta y los valores de energía bruta y metabolizable encontrados fueron 4.81 Mcal/Kg MS y 1.81 Mcal Kg⁻¹ MS, respectivamente (Mazón *et al.*, 2020). Y la composición de los aminoácidos es: lisina, 2,68%; metionina (1,76%); treonina (2,75%); triptófano (1,1%). Los aminoácidos esenciales (lisina, metionina, arginina, cisteína y triptófano) se determinaron mediante cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC) (Tabla 14).

Tabla 14. Ingredientes y composición proximal de dietas experimentales con harina de palma utilizadas para la fase juvenil de *Mesoheros festae*.

Ingredientes (%) ¹	Dietas experimentales (%)			
	0	4	8	12
Maíz	2.40	2.00	1.90	0.00
Afrecho de trigo	4.00	2.00	0.00	0.00
Polvillo de arroz	5.90	4.00	1.90	0.00
Torta de soya	43.00	44.00	44.00	44.50
Harina de pescado	44.00	42.00	40.00	38.00
Aceite de soya	0.00	1.30	3.50	5.00
Torta de palmiste	0.00	4.00	8.00	12.00
Sal	0.10	0.10	0.10	0.10
Antimicótico ²	0.05	0.05	0.05	0.05
Metionina	0.20	0.20	0.20	0.20
Antioxidante ³	0.05	0.05	0.05	0.05
Cloruro de colina	0.10	0.10	0.10	0.10
Pre-mezcla ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10
Enzima ⁵	0.10	0.10	0.10	0.10

	Dietas experimentales (%)				Request ⁶
	0	4	8	12	
Energía digestible dietaria (Kcal Kg ⁻¹)	2.76	2.7	2.71	2.66	2.75
Proteína total	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Fibra	3.80	4.30	4.70	5.40	---
Calcio	2.01	2.02	2.06	1.98	1.00
Fosforo ⁷	1.60	1.60	1.60	1.50	0.0
Arginina	2.27	2.26	2.31	2.35	1.79
Lisina	2.44	2.39	2.39	2.36	0.94
Met + Cys	1.24	1.22	1.21	1.20	0.35
Triptofano	0.43	0.42	0.42	0.41	0.30

¹ Air dried food; ² Mollejosanitín; ³ Endox; ⁴ Rovimix Pre-mix: Vitamin A, D3, K, E, B1, B2, B6, Nicotinic Acid, Calcium Pantothenate, Biotin, Folic Acid, Choline, Inositol and Vitamin C., ⁵ Avizyme 1502 (600 U g⁻¹ endo-1,4 beta xylanase EC 3,2,1,8; 8000 U g⁻¹ subtilisin - protease- EC 3,4,21,62; 800 U g⁻¹ alpha amylase EC 3,2,1,1.).

⁶ Torres-Novoa [18]; ⁷ Total phosphorus in the diet.

Para la preparación de las dietas se utilizó el manual de necesidades nutricionales de tilapia del Nilo de Torres-Novoa y Hurtado *et al.* (2012), Universidad de Los Llanos, Colombia.

Las dietas experimentales fueron extruidas usando un sistema de baja densidad que resultó en un aspecto granulado. Se analizaron alimentos experimentales para la composición proximal, según la Asociación de Comunidades Analíticas metodologías (AOAC, 2005).

Brevemente, la energía bruta se determinó mediante una bomba calorimétrica adiabática Parr Instruments 121AE, y la proteína bruta mediante el método Kjeldahl (%N x 6.25). El contenido de lípidos se midió mediante extracción por solvente con un aparato soxhlet, y ceniza por incineración a 550 / 6 h. La fibra bruta se determinó después de la digestión ácida y la quema. Los contenidos de Ca y P se analizaron mediante las reacciones de permanganato y molibdato, respectivamente. Los aminoácidos esenciales (lisina, metionina, arginina y cisteína) se determinaron mediante cromatografía líquida de ultra alto rendimiento (UHPLC).

La materia seca (MS) se calculó mediante secado en horno a 105 / 24 h. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos (4 dietas con un porcentaje diferente de harina de almendra de palma), cuatro réplicas (4 jaulas) por tratamiento y 25 peces por jaula. La recolección de datos se realizó durante 30 días. Manejo de peces. Se utilizaron cuatrocientos juveniles de *Mesoheros festae* con un peso inicial de 10,8 0,5 g (SE media), a 25 peces por jaula (0,270 Kg m⁻³). Había 16 jaulas experimentales de 1x1x1 m, cubiertas con malla de plástico extruido de 6 8 cm, y sumergidas en un tanque de contenedores de 30 20 0,8 m. Se utilizó una escala eléctrica de 5 Kg de peso máximo (1 g de precisión) para registrar datos biométricos, y las dietas experimentales se suministraron a través de alimentadores de tubos de resorte (30-150 cm).

El estanque no contaba con equipo de aireación porque se abastecía con un flujo constante de 15 L min^{-1} de agua altamente oxigenada y de doble filtrado procedente de un depósito de 0,25 ha. La temperatura del agua fue de $19,5 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. El contenido de oxígeno disuelto del agua en el tanque del contenedor se mantuvo en $10 \pm 1 \text{ mg L}^{-1}$ y el pH fue de $6,7 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimentos no consumidos y materia orgánica excretada) se eliminaban diariamente mediante un sistema de drenaje de Monge. Los peces tuvieron siete días para adaptarse a las jaulas experimentales antes del inicio del experimento y fueron alimentados con alimentos extruidos con un alto contenido de proteínas para acostumbrarlos a los piensos concentrados.

Las dietas experimentales se ofrecían ad libitum cuatro veces al día (08:15, 11:15, 13:15 y 15:15 horas) durante 30 días. Como medida profiláctica, los peces también fueron tratados con una solución de azul de metileno ($0,8 \text{ g L}^{-1}$) después de cada muestreo para prevenir el hongo *Ichthyophthirius* y las bacterias patógenas. Después de cada muestreo, se utilizó una solución de azul de metileno diluida en agua para evitar la contaminación por hongos y bacterias.

Muestreo y variables zootécnicas

Después del período experimental (30 días de alimentación con dietas experimentales), los peces fueron transferidos a acuarios metabólicos para la recolección de heces, donde permanecieron durante un período de ayuno de un día. El método directo de recolección total de heces basado en el sistema modificado de Guelph (Satoh et al., 1992) se utilizó por un período de 24 horas, con colectas frecuentes cada cuatro horas para evitar la degradación y pérdida de nutrientes debido a la lixiviación en el agua. Las heces se secaron y almacenaron a las 4 hasta el análisis.

Los acuarios metabólicos se limpiaron después de cada recolección de heces para evitar la contaminación en cada uno de los tratamientos. Este método utiliza un tanque cilíndrico con un fondo cónico (acuario metabólico de 200 L), con un suministro continuo de agua y oxígeno en la parte superior y un tubo de recogida de heces en la parte inferior (Henry-Silva *et al.*, 2006). Posteriormente, se realizó un análisis bromatológico de las heces recogidas y de muestras de las dietas experimentales utilizadas en la investigación. Las heces se analizaron para determinar su composición proximal según las metodologías indicadas anteriormente (análisis de alimentación).

El desempeño productivo de los peces se evaluó midiendo y utilizando los siguientes parámetros zootécnicos (Aguirre, 2015; Teixeira *et al.*, 2010):

Tasa de conversión alimentaria (FB):

$$FC = \frac{\text{Cantidad de alimento proporcionada (g)}}{\text{Ganancia de peso pez (g)}}$$

Incremento de peso (IP):

$$IP = (Pf - Pi)$$

Donde;

Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

Incremento de peso relativo (IPR):

$$IPR (\%) = 100 X \frac{(Pf - Pi)}{(\text{Peso inicial})}$$

Donde:

IPR = Incremento de peso relativo

Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

Tasa de crecimiento (TC%):

$$TC (\%) = 100 \times \frac{(Pf - Pi)}{(\text{Periodo de tiempo})}$$

De donde:

Pf = Peso final

Pi = Peso inicial

Pt = Período de tiempo

Tasa de crecimiento específico (TCE% /día):

$$TCE (\% /dia) = 100 \times \frac{(\ln (Pf) - \ln(Pi))}{(\text{Periodo de tiempo})}$$

De donde:

TCE (% /día)

Pf = Logaritmo natural del Peso final

Pi = Logaritmo natural del Peso inicial

Pt = Período de tiempo

El consumo neto de alimentos (CNA):

$$CNA = \text{Peso de los alimentos consumidos (g)} - \text{Peso de los residuos (g)}$$

Coefficiente de digestibilidad (%):

$$\text{Coeficiente digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Ingesta de nutrientes} - \text{Nutrientes en heces}}{\text{Ingesta de nutrientes}} \times 100$$

Tasa de eficiencia de proteínas (PER):

$$PER = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Ingesta de proteínas (g)}}$$

Valor productivo de la proteína (PPV):

$$PPV = \frac{\text{Proteína retenida (g)}}{\text{Ingesta de proteína (g)}}$$

La tasa de mortalidad (RM) de *Mesoheros festae* se registró durante 30 días en cada unidad experimental según la siguiente fórmula:

$$MR (\%) = \frac{\text{Numero de peces muertos}}{\text{Numero inicial de peces}} \times 100$$

El costo de cada tratamiento de alimentación (\$ Kg⁻¹) se calculó teniendo en cuenta el valor unitario por kilogramo de los insumos, productos y subproductos utilizados en cada una de las dietas experimentales, multiplicado por la cantidad del ingrediente utilizado. También se calculó el costo del aumento de peso por pez (\$ Kg⁻¹) (FB x costo de alimentación). No se tuvieron en cuenta los costes fijos ni los costes variables de los tratamientos.

Análisis estadístico

En primer lugar, se comprobó la normalidad y la homoscedasticidad de los grupos de datos mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Todos los parámetros zootécnicos fueron analizados a través de una prueba ANOVA utilizando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico del Sistema de Análisis Estadístico (Workflow

Studio 1.3) System for Windows 11, Copyright 2016 por SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. El modelo consideró el porcentaje de torta de palmiste como factor con cuatro niveles (0%, 4%, 8% y 12%). Como prueba post-hoc, se utilizó la prueba de Tukey para detectar grupos significativamente homogéneos ($p \leq 0.05$). Los valores se expresan como error medio estándar de la media (SE).

4.3.4. Resultados

Digestibilidad de dietas experimentales

La digestibilidad aparente de la materia seca, la digestibilidad de la proteína cruda y la digestibilidad de la energía bruta se muestran en la Tabla 15. Al comparar la dieta de control (0%) con dietas que contienen 4% y 8% de torta de palmiste, no se encontraron diferencias significativas en los coeficientes de digestibilidad aparentes, aunque se encontraron diferencias significativas entre 0, 4 y 8% de tratamientos y el tratamiento que contenía 12% de torta de palmiste. Además, se puede observar que este último tratamiento tuvo el coeficiente de digestibilidad más bajo en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 15. Coeficientes de digestibilidad aparentes, materia seca (DMS), proteína cruda (DPC) y energía bruta (DEB), en juveniles de *Mesoheros festae* alimentados con harina de palma

Variable (%) [†]	Dietas experimentales (% harina de palmar)			
	0	4	8	12
DMS	57.7 ± 1.26 a	57.8 ± 1.26 a	57.7 ± 1.26 a	55.2 ± 1.26 b
DPB	82.8 ± 1.74 a	82.7 ± 1.74 a	82.8 ± 1,74 a	78.3 ± 1.74 b
DEB	74.9 ± 1.18 a	74.9 ± 1.18 a	74.9 ± 1.18 a	72.5 ± 1.18 b

^{abc} Averages on the same line that have different letters differ statistically according to the Tukey test ($p \leq 0.05$)

[†] Mean (\pm SE) of 4 replicates per treatment.

No se encontraron diferencias significativas en los coeficientes aparentes de digestibilidad entre la dieta de control (0%) y las dietas que contienen 4% y 8% de torta de

palmiste, sin embargo, el valor más bajo se obtuvo con la dieta que contiene el porcentaje más alto (12%).

Rendimiento productivo. En la Tabla 16 se muestra el rendimiento productivo de los cíclidos del Guayas alimentados con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas de harina de almendra de palma. No se encontraron diferencias significativas PF, TC, TCR, PER y PPV entre las dietas de control (0%) y las dietas con 4 y 8% de harina de almendra de palma, aunque se obtuvo el valor más bajo para la dieta que contiene el porcentaje más alto (12%).

Tabla 16. Efecto de dietas con diferentes porcentajes de harina de palma en los índices de rendimiento productivo de *Mesoheros festae* juveniles

Variable‡	Dietas experimentales (% torta de palmiste)			
	0	4	8	12
Peso final (g)	14.86 ± 3.82 a	14.88 ± 3.82 a	14.90 ± 3.82 a	12.50 ± 3.82 b
Incremento de peso (g)	4.86 ± 3.82 a	4.88 ± 3.82 a	4.90 ± 3.82 a	2.50 ± 3.82 b
Incremento de peso relativo (%)	52.50 ± 48.3 a	49.90 ± 48.3 b	50.30 ± 48.3 b	24.90 ± 48.3 c
Tasa de crecimiento (%)	16.22 ± 12.8 a	16.29 ± 12.8 a	16.36 ± 12.8 a	8.35 ± 12.8 b
Tasa de crecimiento específico (%)	1.31 ± 0.83 a	1.32 ± 0.83 a	1.33 ± 0.83 a	0.74 ± 0.83 b
Consumo de alimento (g)	19.60 ± 0.01 a	19.60 ± 0.01 a	19.50 ± 0.01 b	19.40 ± 0.01 c
Índice de conversión alimenticia	1.31 ± 0.42 b	1.32 ± 0.42 b	1.31 ± 0.42 b	1.55 ± 0.42 a
Tasa de Eficiencia Proteica	0.125 ± 0.11 a	0.126 ± 0.11 a	0.127 ± 0.11 a	0.065 ± 0.11 b
Valor Productivo de la Proteína	0.584 ± 0.15 a	0.585 ± 0.15 a	0.581 ± 0.15 a	0.490 ± 0.15 b
Costo alimento (\$ Kg ⁻¹)	0.994 ± 0.00 a	0.981 ± 0.01 b	0.963 ± 0.00 c	0.969 ± 0.00 c
Mortalidad (%)	4	3	2	3

^{abc} Promedios en la misma línea que tienen diferentes letras difieren estadísticamente según el test de Tukey (p≤0.05)

‡ Corresponden al promedio (± SE) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro repeticiones por ensayo

Del mismo modo, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de FB del control dietas (0%) y las dietas con 4 y 8% de torta de palmiste. Sin embargo, el valor más bajo de FB se obtuvo para la dieta que contiene el mayor porcentaje (12%). No se encontraron diferencias significativas al final del periodo experimental en el TCE de *Mesoheros festae* para dietas con 4 y 8% de torta de palmiste. La dieta de control (0%) mostró los mejores resultados y la dieta con el mayor porcentaje (12%) mostró los resultados más pobres. En cuanto a los costos de alimentación, el costo por kilogramo de la dieta preparada con el mayor contenido de pastel de soja (0% de torta de palmiste) fue el más alto. A medida que la torta de soja en la dieta fue reemplazada por harina de almendra de palma (4%, 8% y 12% de harina de almendra de palma), el costo se redujo. Sin embargo, los valores del costo del alimento por ganancia de peso de pescado fueron 1.3, 1.29, 1.26 y 1.5 USD Kg⁻¹ para dietas de 0, 4, 8 y 12%, respectivamente. La mortalidad por los diferentes tratamientos fue inferior al 5% (Tabla 16).

4.3.5. Discusión

En general, los resultados de nuestra investigación concuerdan con los datos de Amaya *et al.* (2003), que utilizaron dietas de pescado en la etapa de desarrollo de la tilapia roja que incluía hasta un 8% de torta de palmiste, sin afectar el rendimiento del pescado, lo que sugiere que se podrían utilizar niveles más altos. Asimismo, Vásquez *et al.* (2013) con tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.) y Vásquez *et al.* (2013), con cachama (*Piaractus brachypomus*) no encontraron efectos negativos en los parámetros productivos utilizando hasta un 8% de harina de almendra de palma, así como Bermúdez *et al.* (2012) utilizando un 7% en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Sin embargo, los peores resultados en los parámetros de rendimiento de *Mesoheros festae* involucraron la dieta del 12% de torta de palmiste. Los coeficientes de digestibilidad aparentes alcanzados en nuestra investigación concuerdan en general con los descritos para otras especies de peces de agua dulce. Concretamente, Vázquez *et al.* (2013) han informado de una digestibilidad similar de la materia seca, digestibilidad de la proteína bruta y digestibilidad de los valores de energía bruta utilizando una dieta del 8% de torta de palmiste en tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*) y cachama (*Piaractus brachypomus*), y Bermúdez *et al.* (2012) usando una dieta del 7% en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Los resultados obtenidos para los coeficientes de eficiencia proteica y valor productivo de la proteína en este estudio son relativamente bajos en comparación con los resultados obtenidos por Bermudez *et al.* (2012) en tilapia roja (*Oreochromis sp.*), Yudy *et al.* (2004) en yamú (*Brycon siebenthalae*), De Souza *et al.* (2012) en Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*) y Aguirre (2015) en sabaleta (*Brycon henni*).

Estas diferencias pueden deberse al hecho de que *Mesoheros festae* tiene hábitos alimentarios diferentes a los de otras especies comerciales utilizadas en trabajos anteriores. Con el aumento en la sustitución parcial de la harina de pescado por harina de palma, no hubo disminución en las tasas de eficiencia proteica en el valor productivo de la proteína y la tasa de eficiencia proteica hasta un 8%, esto se debió posiblemente a una mezcla proteica de baja calidad de esa formulación, así una baja biodisponibilidad de la proteína derivada de una degradación pobre (Martínez y Muñoz, 2006), independientemente de la cantidad de proteína disponible en el alimento (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010).

Efectos similares fueron reportados por Yudy *et al.* (2004), por una mezcla de proteína de baja calidad con una buena calidad en la formulación del alimento suministrado. Además, cuando la harina de pescado fue reemplazada por harina de almendra de palma, se observó un

menor crecimiento significativo en la alimentación de peces 12% harina de almendra de palma. En este sentido, Saad *et al.* (1994), informaron que la harina de palma puede llegar a ser hasta el 30% de la dieta para la alimentación del bagre (*Clarias gariepinus*) y el 20% para la tilapia sin efectos negativos en el desarrollo o el rendimiento, niveles mucho más altos que en nuestro trabajo. Con resultados similares para esas especies, Wan y Alimon (2005) y Wing (2005) encontraron resultados satisfactorios hasta un nivel del 20%.

El rendimiento no cambió cuando la cachama (*Piaractus brachypomus*) fue alimentada con esta fuente alternativa de proteína con 7% de pastel de palmiste (Vásquez *et al.*, 2013). Como muchos ingredientes basados en proteínas vegetales y lípidos de semillas oleaginosas, hay varios factores que pueden limitar la inclusión de la harina de almendra de palma en las dietas de pescado. Estos incluyen su contenido relativamente bajo de proteínas, posible deficiencia de aminoácidos (ver composición en la sección Materiales y Métodos) y factores antinutricionales (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010). Aunque, en dietas experimentales con diferentes niveles de torta de almendra de palma, una harina de pescado de exportación que contiene 59% de proteína cruda (en materia seca), que puede haber proporcionado niveles adecuados de aminoácidos, se utilizó, a pesar de que es suplemento de metionina sintética y una premezcla de vitaminas y minerales.

Varios autores afirman que la baja digestibilidad de la torta de palmiste se atribuye normalmente a altos niveles de polisacáridos no fibrosos (NSP) o composición de la pared celular (Dusterhoft y Voragen, 1991; Wing, 2005), de modo que la deficiencia de aminoácidos no parece ser la causa de los rendimientos más pobres obtenidos con la dieta que contiene el mayor porcentaje (12%).

Wing (2005) indica que esos factores antinutricionales reducen la digestibilidad y la absorción de los nutrientes en la harina de almendra de palma, ya sea por encapsulación directa

de los nutrientes o aumentando la viscosidad de los contenidos intestinales, reduciendo así la tasa de hidrólisis y la absorción de nutrientes en el pienso. El alto contenido de fibra y la insuficiencia del complejo enzimático añadido también podrían explicar la mala digestibilidad de las dietas con alto contenido de torta de palmiste.

Además, se sabe que la adición de enzimas proteolíticas, fibrolíticas o que degradan los carbohidratos a las dietas de pastel de palmito tiene un gran potencial para liberar nutrientes y energía no disponibles, por lo que se utilizó un complejo enzimático en la dieta experimental (Avizyne 1502). Ng *et al.* (2002), en estudios realizados con harina de almendra de palma alimentada con tilapia previamente tratada con enzimas para alimentación comercial, mostraron consistentemente mayor crecimiento y eficiencia en la utilización del alimento en comparación con peces alimentados con niveles similares de torta de palmiste.

En cuanto al consumo de alimentos, las dietas con mayor contenido de harina de pescado eran más atractivas y mejor aceptadas por el pescado que las dietas formuladas con porcentajes crecientes de torta de palma, posiblemente debido a sustancias olorosas traídas por la harina de pescado. Datos similares fueron reportados por Shapawi *et al.* (2007) para el mero jorobado (*Cromileptes altivelis*) y De Souza *et al.* (2012), para Gulf corvina (*Cynoscion athonopterus*). Sin embargo, la conversión de alimento fue menos eficiente cuando se incrementó el porcentaje de torta de palmiste, lo que es consistente con los resultados obtenidos por Amaya *et al.* (2003), aunque la conversión de alimento mejoró en alevines de tilapia roja. Asimismo, Vásquez *et al.* (2013) encontraron efectos positivos en la conversión de alimento usando harina de palma como fuente de proteína vegetal hasta un 8% con tilapia roja juvenil.

Por lo tanto, en general, parece que la sustitución parcial por el pastel de palma puede alcanzar el 8% sin efectos en la mayoría de los índices de rendimiento. Estos son los primeros resultados sobre el crecimiento de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) y proporcionan datos

zootécnicos específicos para su potencial cultivo. A partir de las pruebas de digestibilidad realizadas, se concluye que la inclusión de hasta un 8% de harina de pastel de palma en las dietas para la alimentación de *Mesoheros festae* durante la etapa juvenil no afectó la digestibilidad de la proteína o la energía, y parámetros relacionados. Por lo tanto, la inclusión de hasta un 8% de torta de palmiste en las dietas de *Mesoheros festae* durante el cultivo no afectaría el rendimiento de esta especie.

Las investigaciones futuras deberían centrarse en el estudio de nuevas formulaciones para explorar la eliminación de factores antinutricionales en este alimento, y para aumentar el contenido de torta de palmiste.

4.3.6. Conclusiones

Estos son los primeros resultados sobre el crecimiento de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) y proporcionan datos zootécnicos específicos para su potencial cultivo. A partir de las pruebas de digestibilidad realizadas, se concluye que la inclusión de hasta un 8% de harina de pastel de palma en las dietas para la alimentación de *Mesoheros festae* durante la etapa juvenil no afectó la digestibilidad de la proteína o la energía, y parámetros relacionados. Por lo tanto, la inclusión de hasta un 8% de torta de palmiste en las dietas de *Mesoheros festae* durante el ongrowing no afectaría el rendimiento de esta especie. La investigación futura debería centrarse en el estudio de nuevas formulaciones con el fin de aumentar el contenido de harina de almendra de palma hasta un 30%, como se describe para otras especies tropicales (Bermudez *et al.*, 2012).

4.4. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Mesoheros festae*) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste

Los resultados obtenidos en este capítulo experimental fueron publicados en el artículo:

Mazón E, García A, Guzmán J.L, Mazón C, Herrera M., 2017. Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste. Revista de la Universidad del Zulia Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología, N° 20. 11 - 28.

4.4.1. Resumen

Ecuador posee recursos hídricos y pesqueros, siendo la piscicultura una fuente de alimentos de rápido crecimiento y gran demanda. Los objetivos fueron: calcular Incremento Peso (IP), Incremento Peso Relativo (IPR), Tasa Crecimiento (TC), Tasa Crecimiento Incremental (TCI), Conversión Alimenticia (CA), costos y mortalidad del pez en la etapa de engorde. Valorar la digestibilidad aparente de Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Energía Bruta (EB), Índice Eficiencia Proteica (PER) y Valor Productivo Proteína (PPV). Los peces fueron alimentados con cuatro dietas (0, 4, 8 y 12 % de palmiste), por un período de 30 días, se alojaron en 16 jaulas en un estanque. No hubo diferencias ($p \leq 0,05$) entre las dietas con 0, 4 y 8% de palmiste, en el Peso Final, Incremento Peso, Incremento Peso Relativo, Tasa Crecimiento y Tasa Crecimiento Incremental. Con el incremento del palmiste el costo de la dieta disminuyó. La inclusión del palmiste hasta el 8% no afectó la digestibilidad de la proteína, energía y la eficiencia de la proteína.

4.4.2. Introducción

La producción pesquera mundial ha aumentado de forma constante en las últimas cinco décadas y también el suministro de peces comestibles se ha incrementado a una tasa media anual del 3,2 %, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1,6 % (FAO, 2014). Sin embargo, ésta requiere de la utilización de ingredientes de alta calidad y de altos coste en las dietas, lo que ha limitado la elaboración de dietas de bajo costo y dificulta la sustentabilidad de la industria (Bureau, 2006).

La alimentación en piscicultura excede el 70% de los costos de producción, es el rubro más sensible, que tanto el técnico como el productor deben observar con mayor atención; debido a los permanentes cambios que experimenta el mercado acuícola y tecnológico, ofreciendo nuevas alternativas en ingredientes y aditivos, que pueden ser utilizados con ventaja económica en las diferentes fases del proceso productivo (Pereira-Filho, 1995; Abimorad & Carneiro, 2004; Cavalheiro *et al.* 2007).

En Ecuador en la actualidad no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos vegetales de alto valor proteico y energético para ser incluidos en la formulación de dietas para piscicultura. Por tanto, se acentúa la necesidad de explorar en recursos vegetales alternativos como sustitutos de fuentes convencionales y en la evaluación de su potencial alimenticio, como es el caso de la torta de palmiste (Meurer *et al.* 2003; Lund *et al.* 2011; Tusche *et al.* 2011).

La calidad de los alimentos acuícolas no solo viene determinada por su composición química sino también por la cantidad de los nutrientes que los organismos pueden digerir, absorber y utilizar para sus procesos metabólicos y crecer adecuadamente. La digestibilidad es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a la alimentación (Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995, Pezzato *et al.*, 2002; Goncalves y Carneiro, 2003) y se define como la biodisponibilidad de los nutrientes en los

alimentos e indica la cantidad de un ingrediente en el alimento que es digerido y absorbido por el organismo y no es excretado en las heces (Madrid, 2014). Porque no basta que la proteína y energía se encuentren en altos porcentajes en el alimento sino que deben ser digeribles para que puedan ser asimilados y por consecuencia aprovechados por el organismo que los ingiere

El desarrollo de dietas de alta calidad nutricional, bajo impacto ambiental y económicamente rentables para el piscicultor, son una necesidad apremiante de la industria de los alimentos balanceados para peces, especialmente para uso en sistemas de producción intensivos. Raciones con estas características son posibles cuando se formulan con ingredientes de alto valor nutricional (Glencross *et al.*, 2007) y utilizando la información sobre digestibilidad de ingredientes determinada para cada especie en particular (Köprüçü *et al.*, 2005).

Se podrá conocer y conservar un recurso ictiológico de aguas continentales propio del litoral ecuatoriano, que cada vez está más amenazado por la pesca indiscriminada, contaminación de ríos y reemplazo por otras especies comerciales extranjeras.

En Ecuador existe gran importancia la cría y engorde de la vieja colorada debido a su alto consumo y valor comercial que supera al de la tilapia y al de otras especies nativas de agua dulce tropical. Además, existen pocos estudios por lo que se requiere desarrollar tecnologías de cultivo basadas en las características y necesidades propias de cada especie en sus distintas etapas de desarrollo y en las diferentes regiones.

El alto costo de los productos energéticos tradicionales, utilizados para la alimentación animal, ha obligado a la búsqueda de nuevos productos y a la evaluación de su potencial alimenticio. Uno de estos cultivos es la palma (*Elaeis guineensis* Jacq. 1763 L.), a partir de su industrialización se obtiene la torta de palmiste. Y, porque la investigación sobre el uso de la torta de palmiste en acuicultura en países tropicales como el Ecuador es muy limitada.

Por ello, con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la torta de palmiste y sus usos en alimentación animal, se evaluó el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el desempeño productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de engorde durante el verano.

4.4.3. Material y métodos

Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca “El Peñón del Río”, de la zona de Pambilar de Calope (Los Ríos, Ecuador), perteneciente al cantón Quinsaloma, cuya ubicación geográfica son 1°12'19" S, 79°29'36" W, a una altura de 75 m.s.n.m. Se sitúa en una zona ecológica de bosque húmedo tropical, temperatura ambiental media anual de 25,47 °C, humedad relativa promedio de 85,84% y una precipitación medio anual de 2.223,85mm. Esta investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de octubre y noviembre del 2016 (época seca), con una duración de 30 días.

Cultivos experimentales

Se utilizaron 400 peces de vieja colorada con un peso inicial de $44,2 \pm 1,5$ g, con una densidad de carga de 25 peces por jaula ($1,105 \text{ Kg/m}^3$). Se emplearon 16 jaulas experimentales de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m de altura, cubiertas de una malla de plástico extruido de 6 x 8 cm, un estanque de agua de 30 x 20 m y 0,8 m de profundidad. Para la biometría de los peces se usaron una balanza eléctrica de 5 Kg de capacidad con una pesada mínima de 1 g y un muelle, de 30 x 1,5 m, para el suministro de las dietas experimentales. El estanque no contaba con equipamiento de aireadores debido a que estaba abastecido por un flujo continuo de agua

altamente oxigenada de 15 l/min y doblemente filtrada, la cual provenía de una represa de agua de 0,25 Ha de superficie. La temperatura del agua fue de $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El oxígeno disuelto en el agua de los estanques se mantuvo en 11 ± 1 mg/l y el pH en $6,5 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimento no ingerido y materia orgánica de excreción) fueron retirados diariamente por un sistema de desagüe tipo monje.

Se utilizaron 400 viejas coloradas con un peso inicial de $44,2 \pm 1,5$ g, con una densidad de carga de 25 peces por jaula ($1,105 \text{ Kg/m}^3$). Se emplearon 16 jaulas experimentales de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m de altura, cubiertas de una malla de plástico extruido de 6 x 8 cm, un estanque de agua de 30 x 20 m y 0,8 m de profundidad. Para la biometría de los peces se usaron una balanza eléctrica de 5 Kg de capacidad con una pesada mínima de 1 g y un muelle, de 30 x 1,5 m, para el suministro de las dietas experimentales. El estanque no contaba con equipamiento de aireadores debido a que estaba abastecido por un flujo continuo de agua altamente oxigenada de 15 l/min y doblemente filtrada, la cual provenía de una represa de agua de 0,25 Ha de superficie. La temperatura del agua fue de $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El oxígeno disuelto en el agua de los estanques se mantuvo en 11 ± 1 mg/l y el pH en $6,5 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimento no ingerido y materia orgánica de excreción) fueron retirados diariamente por un sistema de desagüe tipo monje.

Los peces tuvieron un período de adaptación a las jaulas experimentales de siete días antes del inicio del experimento y fueron alimentados con alimento extruido con un alto contenido de proteína para que se acostumbraran al consumo de alimento concentrado. Se formularon cuatro dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) que fueron formuladas por el método de aproximación y error para representar las dietas isoproteicas e isocalóricas, utilizando los insumos y las cantidades indicadas en la Tabla 17. La

dieta experimental se ofreció ad libitum cuatro veces por día (08:00, 11:00, 13:00 y 15:00 horas) durante 30 días.

Además, como medida profiláctica, los peces fueron tratados con una solución de azul de metileno (5g/10 l cada 30 días), para evitar la presencia del hongo *Ichthyophthirius* y bacterias patógenas. Asimismo, después de cada muestreo se empleó una solución de azul de metileno diluido en el agua para evitar la contaminación de hongos y bacterias.

Además, se buscó el máximo aprovechamiento de la producción primaria natural (plancton) zoo y fitoplancton; se buscó una gestión eficaz el programa de alimentación, diariamente durante todo el ciclo de cultivo, utilizando tablas de control diario; se utilizó dietas experimentales de buena calidad, porcentaje proteico y energético específico de cada fase fisiológica de la producción. Se monitoreó los parámetros de calidad del agua de los estanques a fin de reducir la mortalidad de los peces al mínimo.

Tratamientos

Los tratamientos experimentales fueron: T0, T4, T8 y T12 (0, 4, 8 y 12% de torta de palmiste en la dieta). Para la confección de las dietas se utilizó el manual de necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo de Vergara (2015), Universidad Nacional Agraria La Molina. Los tratamientos experimentales (dietas) su composición química se presenta en la Tabla 17.

La formulación de las dietas se realizó tomando en consideración el reemplazo progresivo de los insumos marinos tradicionales que tienen un alto costo y que son utilizados en la alimentación de los peces por productos vegetales de bajo costo como es el caso de la torta de palmiste obtenido luego de la industrialización de la palma aceitera sin que se afecten los parámetros productivos. También se buscó reducir el uso de antibióticos y antiparasitarios, buscando la posibilidad de dar paso a nuevos desarrollos que mejoren la eficiencia alimenticia

a bajo coste. También, se dio prioridad a la calidad del agua del estanque donde se realizó el experimento a fin de no comprometer el crecimiento de los peces y aumentar los costos en la alimentación debido a la elevada conversión de la alimentación.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (4 dietas con diferente porcentaje de torta de palmiste), cuatro repeticiones (4 jaulas) por tratamiento y 25 peces por jaula y la toma de datos se efectuaron durante 30 días.

Tabla 17. Composición de los ingredientes de las dietas experimentales con diferentes porcentajes (% de materia seca) de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) y su composición proximal (% en materia seca) para la fase de engorde de la vieja colorada.

¹ Ingredientes	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)				
	0	4	8	12	
Maíz	12,20	11,80	8,00	3,20	
Polvillo arroz	12,20	12,20	12,50	10,20	
Torta soya	32,00	37,60	38,00	44,00	
Pescado	36,00	30,00	28,00	26,00	
Aceite de soja	3,80	1,80	1,70	1,00	
Torta palmiste	0,00	4,00	8,00	12,00	
Antimicótico ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
Metionina	0,20	0,20	0,20	0,20	
Antioxidante ³	0,05	0,05	0,05	0,05	
Cloruro colina	0,10	0,10	0,10	0,10	
Bentonita	3,00	3,00	3,00	3,00	
Pre mezcla ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10	
Enzima ⁵	0,10	0,10	0,10	0,10	
Composición proximal (%)					Requer. ⁶
Energía digestible					
Dietaria (Kcal Kg ⁻¹)	3000	3006	3006	3013	3000
Proteína total	35,00	35,00	35,00	35,00	35
Fibra	3,10	4,20	5,20	6,30	---
Calcio	1,84	1,58	1,49	2,00	1,00
Fósforo ⁷	1,50	1,40	1,30	1,42	0,80
Arginina	1,91	1,96	2,00	1,20	1,79
Lisina	2,09	2,02	1,98	2,05	0,94
Met+cist	1,11	1,09	1,08	1,11	0,35
Triptófano	0,36	0,36	0,36	0,38	0,30

¹ Alimento Seco al aire; ² Mollejosanitin; ³ Endox; ⁴ Rovimix pre mezcla: Vitamina A, D3, K, E, B1, B2, B6, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Calcio, Biotina, Ácido Fólico, Colina, Inositol y Vitamina C, ⁵ Avizyme 1502(600 U g-1 endo-1,4 beta xylanase EC 3,2,1,8; 8000 U g-1 subtilisin - protease- EC 3,4,21,62; 800 U g-1 alpha amylase EC 3,2,1,1.) ; ⁶ Necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo. Vergara (2015). Universidad Nacional Agraria La Molina (2015); ⁷ Fósforo total de la dieta.

Determinación de parámetros biológicos

El comportamiento productivo de la vieja colorada se evaluó a través de la determinación y utilización de los siguientes parámetros biológicos de la alimentación de los peces:

- La tasa de conversión de alimentos (TCA): es la proporción existente entre la cantidad de alimentos distribuidos (g) y la ganancia de peso de los peces (g), en el mismo período de tiempo (Tacón, 1989).

$$TCA = \text{Cantidad de alimento distribuido (g)} / \text{Ganancia de peso de los peces (g)}$$

Los parámetros del control del crecimiento y la eficiencia alimenticia se realizaron por la metodología empleada por Jauralde (2015).

El incremento del peso (IP): es el aumento de peso por unidad de tiempo por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) a una determinada temperatura.

$$IP = (Pf - Pi)$$

Donde:

IP = incremento de peso

Pf = peso final

Pi = peso inicial

- El incremento del peso relativo (IPR): es el aumento de peso por unidad de tiempo a diferentes edades por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) en un determinado rango de temperatura.

$$IPR (\%) = 100 X \frac{(Pf - Pi)}{(\text{Peso inicial})}$$

Donde: IPR = incremento de peso relativo

Pf = peso final

Pi = peso inicial

- La tasa de crecimiento (TC): es una medida del aumento o disminución promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días).

$$TC (\%) = 100 X \frac{(Pf - Pi)}{(Periodo de tiempo)}$$

Donde:

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = período de tiempo

- La tasa de crecimiento incremental (TCI): es una medida del aumento promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días).

$$TCE (\% /dia) = 100 X \frac{(\ln (Pf) - \ln(Pi))}{(Periodo de tiempo)}$$

Dónde:

TCE (% /día) = tasa de crecimiento específico

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = periodo de tiempo

- El consumo neto de alimento (CNA): es la cantidad de alimento complementario consumido semanalmente menos el residuo de alimento.

$$CNA = \text{Peso de los alimentos consumidos (g)} - \text{Peso de los residuos (g)}$$

Dónde:

CNA = consumo neto de alimento

Tasa de eficiencia proteica

- El índice de eficiencia proteica (PER) es el peso ganado de un animal por cada unidad de proteína dada en el alimento y se calculó para cada tratamiento con la siguiente ecuación:

$$PER = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Ingesta de proteínas (g)}}$$

- El valor productivo de la proteína (PPV) se calculó para cada tratamiento con la siguiente ecuación:

$$PPV = \frac{\text{Proteína retenida (g)}}{\text{Ingesta de proteína (g)}}$$

La porción del alimento que no es digerida es eliminada con las heces; de esta forma la diferencia entre los nutrientes ingeridos y los excretados, que corresponde a la porción absorbida, es conocida como “coeficiente de digestibilidad aparente – CDA” (Cho *et al.*, 1985; Watanabe, 1988; Hephher, 1988; Hardy, 1997). El término “aparente” se debe a que en la determinación de dicho coeficiente no se toma en cuenta las interferencias debidas a la presencia en las heces, de ciertas cantidades de proteína de origen endógeno que resultan de la pérdida de enzimas digestivas y mucoproteínas secretadas por el tracto digestivo y de la descamación del tejido epitelial del intestino Hephher, 1988).

El cálculo del coeficiente de digestibilidad de la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y la energía bruta (EB) se realizó por el método de la recolección total de heces en cada uno de los tratamientos y repeticiones, mediante el sistema Guelph modificado: este método consiste en el uso de un tanque cilíndrico con fondo cónico (acuario metabólico) donde el abastecimiento de agua y oxígeno es continuo por la parte superior y en el fondo lleva un tubo recolector de heces (Furuya *et al.*, 2001; Vandenberg y De la Noüe, 2001; Abimorad y Carneiro, 2004; Amirkolaie *et al.*, 2005; Henry-Silva *et al.*, 2006). Posteriormente se realizó un análisis

bromatológico de las heces extraídas y de las muestras de las dietas experimentales empleadas en las investigaciones.

La digestibilidad de las dietas experimentales de los peces se determinó por el método directo, también llamado método de recolección total. Consistió en la recolección cuantitativa y el análisis de todas las heces producidas. El coeficiente de digestibilidad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Coeficiente digestibilidad (\%)} = \frac{\text{Ingesta de nutrientes} - \text{Nutrientes en heces}}{\text{Ingesta de nutrientes}} \times 100$$

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todos los parámetros analizados del rendimiento productivo fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico Statistical Analysis System Software (Workflow Studio 1.3) System for Windows 11, Copyright 2016 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En el modelo se consideraron los porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%), analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de medias mediante HSD-Tukey.

4.4.4. Resultados y discusión

Digestibilidad de las dietas experimentales

Tomando como base las dietas experimentales con inclusión de torta de palmiste se obtuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la MS, PB y EB descritos en la Tabla 18.

Tabla 18. Efecto del uso de dietas que contiene diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) durante la etapa de engorde del pez nativo vieja colorada, sobre los coeficientes de digestibilidad aparentes

Variable ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)			
	T0	T4	T8	T12
Digestibilidad materia seca (%).	58,65± 0,35 a	58,20± 0,35 b	57,35± 0,35 c	50,58± 0,35 d
Digestibilidad proteína bruta (%).	84,48± 0,75 a	84,53± 0,75 a	84,42± 0,75 a	79,58± 0,75 b
Digestibilidad energía bruta (%).	77,58± 0,69 a	77,10± 0,69 a	77,45± 0,69 a	71,70± 0,69 b
Índice eficiencia proteica (PER) (%)	0,35±0,03 a	0,35± 0,03 a	0,34±0,03 a	0,26± 0,03 b
Valor productivo de la proteína (PPV) (%).	0,37± 0,02 a	0,36±0,02 ab	0,35±0,02 ab	0,30±0,02 c

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento

Se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) entre el tratamiento testigo (T0) en relación a los tratamientos T4, T8 y T12 en la MS. No se encontraron diferencias ($p \leq 0,05$) en el tratamiento testigo (T0), en relación a los tratamientos T4 y T8, pero si con el tratamiento T12 en la PB y EB. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Vásquez *et al.* (2010) en un estudio de la tilapia y Vásquez *et al.* (2013) para la cachama.

Los coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados en esta investigación concuerdan, de manera general, con los descritos en diferentes estudios con tilapia y cachama para MS, PB y EB similares; entre los resultados publicados en la literatura se observan discrepancias, que según consenso entre investigadores pueden ser causadas por diferencias en las metodologías empleadas para la determinación de los coeficientes, entre otras, procesamiento de las dietas, diferencias en los niveles de inclusión del ingrediente investigado, clase de dieta testigo utilizada

(Anderson *et al.*, 1995; Boscolo *et al.*, 2008; Furuya *et al.*, 2001 Guimarães *et al.*, 2008; Masagounder *et al.*, 2008), forma de colecta de heces (Meurer *et al.*, 2003), tamaño de los peces, ecuación utilizada para el cálculo de los coeficientes (Foster, 1999) y proceso de elaboración de las dietas experimentales (Allan *et al.*, 2000).

Los resultados obtenidos del índice de eficiencia proteica (PER) y el valor productivo de la proteína (PPV) obtenidos en esta investigación son relativamente bajos si comparamos con los resultados obtenidos por Bermúdez, *et al.* (2012) en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), Yudy *et al.* (2004) en yamú (*Brycon siebenthalae*), Eigenmann, (1912) en juveniles de corvina del golfo (*Cynoscion othonopterus*) y Aguirre (2015) en sabaleta (*Brycon henni*, Eigenmann, 1913). Esto se pudo deber a que este pez nativo tiene distintos hábitos alimentarios de las especies de peces comparadas y al hacer una sustitución parcial de la harina de pescado, se pudo haber producido una reducción de los índices de eficiencia PPV y PER. Además, se debe de tener en cuenta que este pez nativo no se ha realizado una mejora genética en ninguna etapa fisiológica, no ha sido explotado con sistemas de producción intensiva y semi intensivas alimentadas con alimento balanceado, de tal manera que su organismo este acondicionado al consumo de alimento balanceado.

Al analizar la mortalidad entre los diferentes tratamientos se puede indicar que es muy baja y se produjo la muerte de los peces debido a la manipulación por el pesaje inicial y final, medición de las medidas anatómicas externos y al traslado de los peces a los acuarios metabólicos del experimento. También se puede atribuir la mortalidad al ataque de hongos de tipo *Ichthyophthirius* y parásitos externos. No se puede considerar la mortalidad por efecto de las dietas experimentales (Tabla 15).

Rendimiento productivo

El comportamiento productivo de la especie nativa vieja colorada alimentada con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas con torta de palmiste se observa en el Tabla 19.

Tabla 19. Efecto sobre el rendimiento productivo del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) durante la etapa de engorde

Variable ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)			
	T0	T4	T8	T12
Peso final (g)	62,50± 1,00 a	62,00±1,00 a	62,00±1,00 a	60,50± 1,00 b
Incremento del peso (g)	14,70± 0,99 a	14,44± 0,99 ab	13,98± 0,99 ab	12,46± 0,99 b
Incremento peso relativo (g)	30,74±2,10 a	30,38±2,10 ab	28,13±2,10 ab	25,95± 2,10 c
Tasa de crecimiento (%)	48,87± 3,36 a	47,91±3,36 a	46,66± 3,36 a	41,56± 3,36 b
Tasa crecim. incremental (%)	89,00± 0,06 a	88,00± 0,06 ab	84,00± 0,06 ab	77,00± 0,06 c
Consumo alimento (g)	94,25± 0,83 a	91,25±0,83 b	88,30± 0,83 c	85,28±0,83 d
Conversión alimenticia	1,51± 0,012 a	1,47± 0,012 b	1,42± 0,012 c	1,41± 0,012 d
Costo alimento (\$ Kg ⁻¹)	0,994± 0,001 a	0,981± 0,001 b	0,963± 0,001 c	0,945± 0,001 d
Mortalidad (%)	2	3	5	3

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento

Al final del período experimental no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), en el PF, IP, IPR, TC y TCI de la vieja colorada, entre las dietas con un 0, 4 y 8% de torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (12%) mostró unos peores resultados ($p \leq 0,05$) con respecto a la dieta control en el caso del IP, mientras que en el caso del PF, IPR, TC y TCI se encontraron valores inferiores ($p \leq 0,05$) en la dieta con mayor porcentaje de inclusión de torta de palmiste con respecto a las demás dietas.

La investigación sobre el uso de torta de palmiste en acuicultura en países tropicales es muy limitada. La inclusión de la torta de palmiste como fuente alternativa de proteína, como sustitución de la harina de pescado ha sido investigada en especies acuícolas. Algunos estudios iniciales indican que la torta de palmiste puede ser tolerada incluso hasta un 30% en raciones para bagre (*Ciarías gariepinus*) y 20% en tilapia (*Oreochromis niloticus*), muy por encima de los niveles de nuestro trabajo, sin que se presenten efectos adversos en crecimiento y rendimiento (Saad *et al.* 1994).

Resultados parecidos, en las mismas especies tilapia y bagre, Wan (2005) y Wing (2005), han encontrado resultados satisfactorios hasta un nivel del 20%. En este sentido, el comportamiento productivo no se alteró durante la alimentación de la cachama (*Piaractus brachypomus*) usando esta fuente alternativa de proteína (Vásquez, 2013).

Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos, aunque en dietas de alevines de tilapia roja por Amaya, *et al.* (2012), los cuales incorporaron también la torta de palmiste hasta un nivel del 8% sin afectar el rendimiento productivo de los peces, indicando que podrían incorporarse mayores niveles de inclusión. También otros autores han utilizado la torta de palmiste como ingrediente orgánico para la sustitución parcial o total de la harina de pescado para especies acuáticas sin efectos negativos en los parámetros productivos hasta un 8% (Vásquez *et al.*, 2010).

Al igual que con muchos ingredientes para harinas con base vegetal y de semilla de aceite, existen varios factores que pueden limitar la incorporación de la torta de palmiste en las dietas de pescados. Estos incluyen su contenido proteico relativamente bajo, posible deficiencia de aminoácidos, y la presencia de factores antinutricionales (Wan, 2005). Aunque en nuestro estudio, las dietas con diferentes porcentajes de palmiste contaban con una harina de pescado de exportación con un 59% de proteína total, la que proveyó de niveles adecuados de

aminoácidos, además se complementó con la utilización de aditivos nutricionales como la mezcla de vitaminas y minerales y metionina sintética. Por eso, esta deficiencia en aminoácidos, parece no ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta con el mayor porcentaje de inclusión (12%).

Otros autores, manifiestan que la baja digestibilidad de la torta de palmiste se atribuye normalmente a los altos niveles de polisacáridos no almidonados (PNA) (Wing, 2005) o a la composición de la pared de las células (Dusterhoft y Voragen, 1991.). Wing (2005) indica que estos factores antinutricionales impiden la digestibilidad y la utilización de los nutrientes de la torta de palmiste, bien por encapsulación directa de los nutrientes o por el aumento de la viscosidad del contenido intestinal, reduciendo así la tasa de hidrólisis y la absorción de los nutrientes de la dieta. Esta explicación podría ser la causa de nuestros peores resultados productivos encontrados en la dieta con un 12% de inclusión en comparación con las dietas control, debido al elevado contenido de fibra que no fue suficiente la inclusión de un complejo enzimático.

La adición de enzimas proteolíticas, fibrolíticas o que degradan los carbohidratos a las dietas basadas en torta de palmiste, tiene un gran potencial para la liberación de nutrientes no disponibles y de energía.

Ng *et al* (2002), en investigaciones realizadas con tilapias alimentadas con torta de palmiste previamente tratada con enzimas para alimento comercial, demostraron de manera consistente mejor eficiencia en el crecimiento y utilización del alimento, al compararlas con peces alimentados con niveles similares de torta de palmiste cruda. Continúan indicando que hasta el 30% de torta de palmiste tratada con enzimas podría incorporarse a la dieta de tilapias rojas sin frenar su crecimiento de manera significativa; este hecho ha sido corroborado por Wing (2005). En este sentido hay que indicar que las dietas experimentales a base de torta de palmiste

que se utilizaron en la alimentación de la vieja colorada en la etapa de engorde tenían un complejo enzimático a base de proteasa, xilanasas y amilasa, con el propósito de mejorar la digestibilidad de las mismas.

Los valores para el consumo de alimento y la conversión alimenticia presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre todos los tratamientos; se puede observar que a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de la torta de palmiste en las dietas de los peces disminuyeron los valores de ambos parámetros. Las dietas con mayor contenido de harina de pescado eran más atraídas y mejor aceptadas por los peces que las dietas formuladas con ingredientes alternativos de origen vegetal, posiblemente debido al aporte de moléculas atrayentes aportadas por la harina de pescado. Datos similares reportaron Shapawi y colaboradores (2007) en el mero jorobado (*Cromileptes altivelis*), Madrid *et al.*, (2014) con la corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*).

Referente a los costos de alimentación, se observó un mayor costo por kilogramo de la dieta elaborada con un mayor contenido de pescado (0% de torta de palmiste) ($p \leq 0,05$). A medida que se iba reemplazando el uso de la harina de pescado en la dieta e incrementado la torta de palmiste (4, 8 y 12% de torta de palmiste) se iba disminuyendo el costo.

Su mayor disponibilidad y menor costo respecto a otros subproductos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja y torta de algodón, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda de otras especies de animales.

4.4.5. Conclusiones

- a) De acuerdo con los resultados obtenidos, la inclusión de la torta de palmiste hasta un 8%, en las dietas para la alimentación de la vieja colorada en la época de engorde 1, no afectó el

rendimiento productivo de los peces en lo que respecta a peso final, incremento de peso, incremento relativo del peso y tasa de crecimiento.

- b) Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que la torta de palmiste se puede incluir hasta un 8% la torta de palmiste en la dieta de la vieja colorada, sin afectar al rendimiento productivo, abarataría significativamente el costo de la dieta.
- c) En relación con las pruebas de digestibilidad de este trabajo se concluye que con la inclusión de la torta de palmiste en las dietas para peces en engorde de hasta el 8%, no se afectó la digestibilidad de la proteína, energía y la eficiencia de la proteína.
- d) Finalmente, a mayor disponibilidad de torta de palmiste durante todo el año y a menor costo respecto a otros productos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda para el uso de otras especies de animales, lo que en términos económicos también justificaría su uso.

V. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones generales de este estudio son las siguientes:

1. En cuanto a la caracterización bromatológica, el contenido de materia orgánica y extracto etéreo fue mayor en la planta de Quevedo, mientras que la fibra bruta y la lignina ácido detergente fue mayor en la planta de Santo Domingo. El período de muestreo afectó a la materia seca, fibra bruta y lignina ácido detergente, siendo mayores en septiembre, mientras que extracto etéreo y fósforo fueron mayores en agosto. Para la proteína bruta, extracto libre de nitrógeno, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, ceniza, calcio, energía bruta y energía metabolizable, se observó interacción entre los dos factores estudiados. Por tanto, la mayoría de los parámetros analizados dependen del lugar de origen o de la estación de extracción, o de la interacción entre los dos factores.

2. En el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la vieja colorada en la etapa de cría no se encontraron diferencias significativas en el peso final, incremento de peso, incremento de peso relativo, tasa de crecimiento alimenticia y tasa de crecimiento incremental de la vieja colorada, entre las dietas con 0, 4 y 8% de inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (12%) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta sin inclusión de la torta de palmiste. La conversión alimenticia presentó un mayor valor en la dieta testigo en comparación con la dieta con un 4 % de sustitución con torta de palmiste. La dieta con mayor porcentaje de inclusión evidenció la peor conversión alimenticia.

3. Durante la etapa juvenil de la vieja colorada, la inclusión de hasta el 8% de torta de palmiste no afectó a la digestibilidad de la materia seca, la digestibilidad de la proteína bruta o

la digestibilidad de la energía bruta. No se encontraron diferencias en peso final, incremento de peso, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento incremental, fibra bruta, índice de eficiencia proteica y el valor productivo de la proteína entre 0, 4 y 8% de contenido de torta de palmiste. A medida que aumentaba el porcentaje de torta de palmiste en las dietas, el valor de fibra bruta aumentaba.

4. Durante la etapa de engorde de la vieja colorada no hubo diferencias entre las dietas con 0, 4 y 8% de torta de palmiste, en el peso final, incremento de peso, incremento de peso relativo, tasa de crecimiento y tasa de crecimiento incremental. La inclusión de la torta de palmiste hasta el 8% no afectó la digestibilidad de la proteína, energía y la eficiencia de la proteína.

5. En general, durante todas las etapas de crecimiento de la vieja colorada, a medida que se incrementó el porcentaje de torta de palmiste el costo de la dieta disminuyó significativamente. La inclusión en la dieta de la vieja colorada de hasta un 8% de torta de palmiste no afectó a los parámetros de rendimiento productivo estudiados y, además, redujo el coste económico de la dieta significativamente.

VI. RESUMEN

6. RESUMEN

La expansión de la acuicultura en Ecuador ha favorecido el estudio de fuentes de proteínas alternativas para la alimentación de los peces. Por otro lado, Ecuador tiene una gran variedad de subproductos agroindustriales, entre los que destaca la torta de palmiste, que se pueden utilizar en la alimentación animal, aunque sus valores nutricionales son a menudo desconocidos. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición bromatológica de torta de palmiste en muestras de dos plantas de extracción de aceite de palma en dos áreas (Quevedo y Santo Domingo) y dos períodos de producción (agosto y septiembre), además de evaluar el rendimiento productivo de un pez nativo, la vieja colorada (*Mesoheros festae*), alimentado con dietas basadas en distintos porcentajes de inclusión de torta de palmiste durante las etapas de cría, juvenil y engorde.

Para determinar la composición bromatológica de la torta de palmiste se tomaron muestras aleatorias semanalmente con dos repeticiones para un total de 64 muestras. Materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB), extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina ácido detergente (LAD), calcio, fósforo, energía bruta (EB) y energía metabolizable (EM) fueron determinados. El contenido de MO (62,92%) y EE (10,10%) fue mayor en la planta de Quevedo, mientras que FB (23,84%) y LAD (24,66%) fueron mayores en la planta de Santo Domingo. El período de muestreo afectó a los contenidos de MS (98,58%), FB (23,98%) y LAD (23,78%), que fueron mayores en septiembre, mientras que EE (10,87%) y fósforo (0,44%) fueron mayores en agosto. Para PB, ELN, FND, FAD, cenizas, calcio, EB y EM, se observó interacción entre los dos factores estudiados. Se concluyó que la mayoría de los

parámetros analizados dependen del lugar de origen o de la época de extracción, o de la interacción entre ambos factores.

Para valorar el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la vieja colorada en las etapas de cría, juvenil y engorde los peces fueron alimentados con cuatro dietas (0, 4, 8 y 12% de inclusión de torta de palmiste) y cuatro repeticiones por tratamiento, por 30 días en cada etapa, alojados en 16 jaulas en un estanque. Se determinó el peso inicial (PI), el peso final (PF), el incremento de peso (IP), el incremento de peso relativo (IPR), la tasa de crecimiento (TC), la tasa de crecimiento incremental (TCI), la conversión alimenticia (CA), la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína bruta y energía bruta, el índice de eficiencia proteica (PER), el valor productivo de la proteína (PPV), así como el costo de esta alimentación y la mortalidad de la vieja colorada.

Durante la etapa de cría no se encontraron diferencias significativas en el PF, IP, IPR, TC y TCI de la vieja colorada, entre las dietas con 0, 4 y 8% de inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (12%) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta con un 4%. La CA presentó un mayor valor en la dieta testigo en comparación con la dieta con un 8% de inclusión de la torta de palmiste. La dieta con un mayor porcentaje de inclusión de torta evidenció la peor CA.

Durante la etapa juvenil de la vieja colorada la inclusión de hasta un 8% de torta de palma no afectó los coeficientes de digestibilidad de materia seca, proteína o energía bruta. No se encontraron diferencias en PF, TC, CA, PER y PPV entre 0, 4 y 8% de inclusión de torta de palmiste. A medida que aumentaba el porcentaje de torta de palmiste en las dietas, disminuía la tasa de conversión de alimentos.

Finalmente, durante la etapa de engorde, no hubo diferencias entre las dietas con 0, 4 y 8% de palmiste, en el PF, IP, IPR, TC y TCI. La inclusión de torta de palmiste hasta el 8% no afectó a la digestibilidad de la proteína y de la energía, ni al PER.

La mortalidad de la vieja colorada durante las etapas de crecimiento fue baja y no se debió al efecto de los tratamientos sino al manipuleo de los peces para realizar las mediciones y pesajes, y en algunos casos la mortalidad se debió al ataque de hongos.

En general, durante las tres etapas de crecimiento estudiadas en la vieja colorada, a medida que se incrementó el % de torta de palmiste el costo de la dieta disminuyó significativamente. La inclusión en la dieta de la vieja colorada de hasta un 8% de palmiste no afectó a los parámetros de rendimiento productivo estudiados y, además, se abarata la dieta significativamente.

VII. ABSTRACT

7. ABSTRACT

The expansion of aquaculture in Ecuador has favored the study of alternative protein sources for fish feed. On the other hand, Ecuador has a great variety of agroindustrial by-products, among which palm kernel cake stands out, that can be used in animal feed, although their nutritional values are often unknown. The objective of this study was to evaluate the bromatological composition of palm kernel cake in samples from two palm oil extraction plants in two areas (Quevedo and Santo Domingo) and two production periods (August and September), as well as to evaluate the productive performance of a native fish, the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*), fed diets based on different percentages of palm kernel cake inclusion during the rearing, juvenile and fattening stages.

To determine the bromatological composition of the palm kernel cake, random samples were taken weekly with two replicates for a total of 64 samples. Dry matter (DM), ash, organic matter (OM), crude protein (PB), ethereal extract (EE), crude fiber (CF), nitrogen free extract (NFE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), calcium, phosphorus, gross energy (GE) and metabolizable energy (ME) were determined. The MO (62.92%) and EE (10.10%) contents were higher in the Quevedo plant, while FB (23.84%) and LAD (24.66%) were higher in the Santo Domingo plant. The sampling period affected DM (98.58%), FB (23.98%) and LAD (23.78%) contents, which were higher in September, while EE (10.87%) and phosphorus (0.44%) were higher in August. For PB, ELN, FND, FAD, ash, calcium, EB and EM, interaction between the two factors studied was observed. It was concluded that most of the parameters analyzed depended on the place of origin or the time of extraction, or on the interaction between both factors.

To evaluate the effect of diets based on palm kernel cake on the productive performance of the Guayas cichlid in the rearing, juvenile and fattening stages, the fish were fed four diets (0, 4, 8 and 12% inclusion of palm kernel cake) and four replicates per treatment, for 30 days in each stage, housed in 16 cages in a pond. Initial weight (IP), final weight (FP), weight gain (WG), relative weight gain (RW), growth rate (GR), incremental growth rate (IGR), feed conversion (FC), apparent digestibility of dry matter, crude protein and crude energy, protein efficiency index (PER), protein productive value (PPV), as well as the cost of this feeding and mortality of the old red broodstock were determined.

During the rearing stage, no significant differences were found in the PF, IP, IPR, TC and TCI of the old red broiler between the diets with 0, 4 and 8% inclusion of palm kernel cake; only the diet with the highest percentage of inclusion (12%) showed worse results compared to the diet with 4%. The CA presented a higher value in the control diet compared to the diet with 8% inclusion of palm kernel cake. The diet with a higher percentage of cake inclusion showed the worst CA.

During the juvenile stage of the old red broiler, the inclusion of up to 8% palm kernel cake did not affect the coefficients of digestibility of dry matter, protein or gross energy. No differences were found in PF, TC, CA, PER and PPV between 0, 4 and 8% palm kernel cake inclusion. As the percentage of palm kernel cake in the diets increased, feed conversion rate decreased.

Finally, during the fattening stage, there were no differences between the diets with 0, 4 and 8% palm kernel in FP, IP, IPR, TC and TCI. The inclusion of palm kernel cake up to 8% did not affect protein and energy digestibility or PER.

Mortality of old red drum during the growth stages was low and was not due to the effect of the treatments but to the handling of the fish for measurements and weighing, and in some cases mortality was due to fungal attack.

In general, during the three growth stages studied in the Guayas cichlid, as the % of palm kernel cake increased, the cost of the diet decreased significantly. The inclusion of up to 8% palm kernel in the diet of the Guayas cichlid did not affect the productive performance parameters studied and, in addition, the diet became significantly cheaper.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Tawwab, M, Ahmad, M, Khattab, Y, and Shalaby, A (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 298 (3): 267-274.
- Abimorad, E, and Carneiro, D (2004). Métodos de colecta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energis dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33 (5): 1101-1109.
- A'dilah, M, and Alimon, A (2011). Improving the nutritive value of palm kernel cake (PKC) through chemical pre-treatment and fungal fermentation. Paper presented at the 32nd Annual Conference Malaysian Society of Animal Production (MSAP) Kuantan, Pahang, Malaysia. pp 39.
- Amaya, E, Afanador, G, Quintero, L, and Bonilla, W (2003). Valor nutricional de la torta de palmiste en dietas prácticas para alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* spp): I Congreso Nacional de Investigaciones Acuícolas. Bogotá, 9-10 pp.
- Amirkolaie, A, Leenhouders, J, Verreth, J, and Schrama, J (2005). Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture research*. 36: 1157-116.
- Anderson, J, Lall, S, Anderson, D, and McNiven, M (1995). Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 138 (1): 291-301.
- Anderson, J, Asche, F, Garlock, T, and Chu, J (2017). *Aquaculture: Its role in the future of food*. *World Agricultural Resources and Food Security*, 17:159-173.
- Aguilera, J (2001). Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. *Archivos de Zootecnia*, 50: 565-596.
- Aguirre, M (2015). Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de Sabaleta (*Brycon henni*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2 (1): 68-69.
- Aksnesm, A, Hjertnes, T, and Opstvedt, J (1996). Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. *Aquaculture*. 140: 343-359.

- Alimon, A (2004). The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. *J. Oil Palm Res.*, 40: 12-16.
- Allan, G, Parkinson, S, Booth, M, Stone, D, Rowland, S, Frances, J, and Warner-Smith, R (2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*. 186: 293-310.
- AOAC International (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland. 58 p.
- Arosemena, A, Depeters, E, and Fadel, J (1995). Extent of variability in nutrient composition within selected by-products feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 54: 103-120.
- Babatunde, M, Fetuga, G, Odumosu, O and Oyenuga, V (1975). Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1279- 291.
- Barnhill, L, and López, A (1973). Estudio sobre la biología de los peces del rio Vinges. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico. Volumen III. numero I.
- Belyea, R, Esteevens, B, Restrepo, R, and Clubb, A (1989). Variation in composition of by-products feeds. *J. Dairy Sci.*, 72: 2339-2345.
- Bermudez, A, Muñoz, A, and Wills, G (2012). Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en estanques de tierra. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 59 (3): 165–175.
- Boscolo, W, Hayashi, C, Feiden, A, Meurer, F, and Signor, A (2008). Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciencia Rural*. 38: 2579-2586.
- Bureau, D (1996). Nutritional value of rendered animal protein ingredients for salmonids in the 90'S: The Canadian Feed Industry Association and Eastern Nutrition Conference Dartmouth. 239-246 pp.
- Campabadal, C (1983). El valor nutritivo de los subproductos de la palma africana. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 14 p.
- Cavalheiro, O, De Souza, O, and Singh, B (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology*, 98 (1): 602-606.

- Chenost, M, and Kayouli, C (1997). Roughage utilization in warm climates. FAO Animal Production and Health Paper 135, FAO, Rome pp. 226.
- Chong, C, Zulkifli, I, and Blair, R (2008). Effects of Dietary Inclusion of palm kernel Cake and palm oil, and enzyme supplementation on performance of laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21 (7): 1053-1058.
- Cordova, J, and García, F (2002). Nutritive value of squid and hydrolyzed protein supplement in shrimp feed. *Aquaculture* 210(1):371-384.
- Dairo, F, and Fasuyi, A (2007). Evaluation of fermented palm kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets. *J. Cent. Eur. Agr.*, 9: 33-47.
- Daud, M, and Jarvis, M (1992). Mannan of oil palm kernel. *Phytochemistry*. 31(2): 463-464.
- De Silva, S, and Anderson, T (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*, London, 319 pp.
- De Souza, A, Tavares, L, Oliveira, J, and Ribeiro, S (2012). Digestibility of agro-industrial byproducts in 200 and 300-g Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41 (2): 462-466.
- Dumas, A, de Lange, C, France, J, and Bureau, D (2007). Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 263: 165-181.
- Dusterhoft, E, and Voragen, A (1991). Non-starch and polysaccharides from sunflower (*Helianthus annuus*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal-preparation of cell Wall material and extraction of polysaccharide fractions. *Journal Science Food Agriculture*. 55 (1): 41-42.
- Díaz, J, Parejo, C, y Pozuelo, I (2003). El sector transporte. Parte III. Balance de los Recursos Naturales desde la Perspectiva del Sistema Económico, Recursos Naturales de Andalucía. Educación Ambiental. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente (en línea).
- El-Sayed, A (1999). Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179 (1): 149-168.
- Estupiñan, G, Santacruz, L, y Cristancho, A (2013). Caracterización de las variables de crecimiento, niveles foliares y de rendimiento en dos materiales genéticos de palma O×G

- y DxP en diferentes edades de desarrollo de la plantación Guaicaramo S.A. Revista Palmas, 34: 99-108.
- Fairhurst, T. (2010). Algunas prácticas clave de manejo para máximo rendimiento en cultivos maduros de palma de aceite. Revista Palmas, 31 (1): 45-46.
- FAO (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. E-ISBN E-ISBN 978-92-5-308276-6 (PDF). Roma, 2014. P.p. 4 – 8.
- FAO (2016). Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para toda Roma. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf> (consultado el 20 enero 2019)
- FAO (2018). Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf> (consultado el 7 mayo 2019).
- Fedepalma (1996). Revista palmas. Santa Fe de Bogota, Colombia, Kimpres, Vol No. 13-19.
- Fedepalma (2020). Torta de palmiste, valiosa fuente de energía para ganado. Disponible em línea: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/torta-de-palmiste-valiosa-fuente-de-energia-para-ganado> (consultado el 22 octubre 2020).
- Fetuga, B, Babatunde, G, and Oyenuga, V (1977). The value of palm kernel meal in finishing diet for pigs. J. Sci. Food Agric., 26: 1279-1291.
- Fontainhas, A, Gomes, E, and Reis, M (1999). Coimbra J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture international*, 7 (1): 57-67.
- Foster, I (1999). A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*. 5: 143-145.
- Francis, G, Makkar, H, and Becker, K (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199 (3): 197–227.
- Furuya, W, Pezzato, L, Pezzato, A, Barros, M, and Miranda, E (2001). Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia. 30: 1143-1149.
- Furuya, W, Gonçalves, G, Furuya, B, and Hayashi, C (2001). Fitase na alimentação da Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. Revista Brasileira de Zootecnia. 30: 924-929.

- Furuichi, M, and Yone, Y (1980). Effect of dietary levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 46: 225-229.
- Gasa, J, and Castrillo, C (1992). Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Hojas divulgativas 13/91. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 24 pp.
- Glencross, B, Curnow, J, and Hawkins, W (2006). Evaluation of the variability in chemical composition and digestibility of different lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel meals when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science and Technology*, 107 (1): 117-128.
- Gonçalves, G, Carneiro, D (2003). Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32: 779-786.
- Gonçalves, G, Pezzato, L, Barros, M, Kleman, G, and Rocha, D (2005). Efeitos da Suplementação de Fitase sobre a Disponibilidade Aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em Alimentos Vegetais para a Tilápia -do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34: 2155-2163.
- Guimarães, L, Pezzato, L, and Barros, M (2008). Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*. 14: 396-404.
- Gutierrez, A, Zaldivar, R, and Contreras, S (2009). Effect of various levels of digestible energy and protein in the diet on the growth of gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. *Rev. Invest. Vet. Peru (RIVEP)*, 20 (2): 178-186
- Hardy, R (1997). Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition, *Aquaculture Magazine*, pp. 84 – 89.
- Henken, A, Kleingeld, D, and Tijssen, P (1985). The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish. *Aquaculture*. 15: 1-11

- Henry-Silva, G, Camargo, M, and Pezzato, L (2006). Digestibilidad aparente de macrófitas acuáticas pela tilápia- do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35: 641-647.
- Henry-Silva, G, Camargo, A and Pezzato, M (2006). Eficiencia de los macrófitos acuáticos para tratar los efluentes de los estanques de tilapia del Nilo. *Scientia Agricola* 63 (5): 1–10.
- Hepher, B (1988). Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 388 pp.
- Henry-Silva, G, Camargo, A, and Pezzato, M (2006). Eficiencia de los macrófitos acuáticos para tratar los efluentes de los estanques de tilapia del Nilo. *Scientia Agricola*, 63 (5): 1–10.
- Hutagalung, R, Mahyuddin, M, and Jalabudin, S (1981). Feed for farm animals from the oil palm of National Workshop on oil palm by-products utilization. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20053053501> accessed on 16 July 2018.
- INMH (2018). Meteorological Yearbook No. 52-2012. National Institute of Meteorology and Hydrology. Republic of Ecuador. www.serviciometeorologico.gob.ec, accessed on 24 November 2018.
- Jauralde, I (2015). Control del crecimiento y eficiencia alimentaria. Grupo en Acuicultura y Biodiversidad. Universidad Politécnica de Valencia. España. p. 2 – 10.
- Jackson, F (1993). Efecto del contenido del endocarpo en el palmiste integral de la palma africana (*Elaeis guineensis*) sobre su valor nutritivo. Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica. 63 p.
- Kartika, C (2005). Indonesia Plantations. Bakrie Sumatra Plantations. Heading to Prime Growth. Pacific Capital Resources, No 375.
- Kaushik, S, and Seiliez, I (2010) Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish. *Aquatic Research* 41: 322-332.
- Köprücü, K, and Özdemir, Y (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 250 (3): 308-316.
- Lekule, F, Jorgensen, H, Fernandez, J, and Just, A (1990). Nutritive value of some tropical feedstuffs for pig. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28: 91-101.

- Lim, H, Ng, W, Lim, S, Ibrahim, C (2001). Contamination of palm kernel meal with *Aspergillus flavus* affects its nutritive values in pelleted feed for tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture Research*, 32 (1): 895-905.
- Lui, J, Ørskov, X, and Chen, X (1999). Optimization of steam treatment as a method of upgrading rice straw as feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76: 345-357.
- Luna, J, Figueroa, T, and Hernandez de la Rosa, L (2000). Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pisces:Cichlidae). *Revista Ciencia y Mar.* 4: 3-9.
- Lund, I, Dalsgaard, J, Tolderlund, H, Holm, J, and Jokumsen, A (2011). Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*, 321 (1): 259-266.
- Madrid, J (2014). Efecto de la sustitución en dieta de harina de pescado con harina de productos de origen animal, en juveniles de corvina golfina, *Cynoscion othonopterus*. Tesis de Grado de Maestro en Ciencias en Acuicultura de la Universidad de Baja California. México. 16 p.
- Maina, J, Beames, R, Higgs, D, Mbugua, P, Iwama, G, and Kisia, S (2002). Digestibility and feeding value of some feed ingredients fed to tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquacult. Res.*, 33 (11): 853-862
- MAGP (2013). Short-term survey program No. AG86-II-2013, Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Republic of Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyu>
- March, B, Macmillan, C, and Ming, F (1985). Techniques for evaluation of dietary protein quality for the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 47: 275-292.
- Martinez, O, y Muñoz, V (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutricion Hospitalaria* 21 (2): 1-19.
- Masagounder, K, Firman, J, Hayward, S, and Brown, P (2008). Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients.

- Manríquez, H (1994). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En Control de calidad de insumos y dietas acuáticas. FAO. México. P. 67-72.
- Mazón, E (2013). Caracterización bromatológica de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq l.) procedente de los cantones de Quevedo y Santo Domingo (Ecuador) para su uso en la alimentación animal. Trabajo de Fin de Máster de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba. Cordoba, España. P 35 – 40.
- Mendoza, R (1993). Métodos para evaluar la digestibilidad proteica de los alimentos destinados a los organismos acuáticos. Memorias del Primer Simposium Internacinal de Nutrición y Tecnología de Alimentación para Acuicultura. p. 155-202.
- Meurer, F, Hayashi, C, and Boscolo, W (2003). Digestibilidade aparente de alguns alimentos proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira Zootecnia*, 32 (1): 1801- 1809.
- Munévar, F (2004). Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, 28 (2): 148-164.
- Molinos Champion (1997). Reportes de Laboratorio. Análisis químico del afrecho de maíz. Guayaquil, Ecuador. 40-43.
- Ng, W, Lim, H, Lim, S, and Ibrahim, O (2002). Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aqua Resc.*, 33 (1): 1119-1207.
- Ng, W (2004). Researching the use of palm kernel cake in aquaculture feeds. *Palm Oil Developments*. 41: 19-21.
- Ng, W (2005). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Aquaculture Feeds*, 26 (3): 79 - 83.
- Novus International Inc (1994). Raw material compendium a compilation of worldwide data sources. 2th Edition, Bruselas por Novus Europe. 511 p.
- Nullvalue, J (2012). Torta de Palmiste para el Ganado. Obtenido el 2 de noviembre de 2015 de: Publicación El tiempo.com. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-463524>
- Nuzul, I (2013). Characteristics of Malaysian palm kernel and its products. *J. Oil Palm. Res.*, 25: 245-252.

- Nwokolo, E, Bragg, D, and Kitts, W (1976). The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseeds and rapeseeds meal for the growing chick. *J. Poult. Sci.*, 55: 2300-2304.
- Oliveira Cavalheiro, J, Oliveira de Souza, E, and Singh Bora, P (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology*. 98: 602 –606.
- Onwudike, O (1986). Palm kernel meal as a feed for poultry replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 16: 179-186.
- Ott, L, and Longnecker, M (2010). An introduction to Statistical Methods and Data Analysis. 5th Edición. Volume 1. R. R. Donnelley & Sons, Inc./Willard (Carolyn Crockett; Ann.). p. 850-854.
- Pántano, V, Spescha, L, Penalba, O, and Murphy, G (2013). Influencia de la variabilidad de temperatura y precipitación en la situación hídrica del suelo, en la región oriental de secano de la Argentina. *Revista Meteorológica.*, 39:21-36.
- Pantzaris, T, y Jaaffar, A (2001). Aspectos técnicos y económicos de la harina de palmiste como alimento para animales. *Faform*. 12: 991-997.
- Pelletier, N, and Tyedmers, P (2007). Feeding farmed salmon: Is organic better. *Aquaculture*, 272 (1): 399- 416.
- Pereira-Filho, M (1995). Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. Criando peixes na Amazônia. Adalberto Luiz Val e Alexandre Honczaryk. Manaus, INPA. 75-82.
- Pezzato, L, Carvalho de Miranda, E, Barros, M, Quintero, P, Furuya, M, and Pezzato, A (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31: 1595-1604.
- Preciado, W y Arroyo, J (2007). Aprovechamiento de subproductos de la industria extractora de aceite de palma africana para la obtención de un alimento balanceado para animales. Tesis de Grado de Ingeniero Químico de la Universidad de la Universidad de Guayaquil. Ecuador. 2 p.
- Rahim, M, Alimon, A, and Ivan, M (2010). Effects of fungal treatment on the in vitro digestion of palm kernel cake. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 22, Article #82. Retrieved April 17, 2014, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/4/rami22082.htm>.

- Revelo, W (2009). Aspectos biológicos y pesqueros de los principales peces del sistema hídrico de la provincia de Los Ríos, durante el 2009. Boletín Científico y Técnico. Volumen XX, Número 6.
- Rivas, D (2011). Diseño del plan de seguridad y salud en el trabajo en la empresa SIEXPAL de la ciudad de Santo Domingo. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero industrial en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Pp. 9-10.
- Rivera, M (2017). Propuestas de la FAO para impulsar la acuicultura [online]. http://www.jstor.org/stable/20743685?seq=1#page_scan_tab_contents. [consultado el 12 de marzo 2019].
- Shiau, S, and Liang, H (1995). Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet. *Journal of Nutrition* 125: 976-982.
- Rodríguez, J, Gonzalez, M, Moya, A, Gallegos, M, Gómez, J C, Angón, E, and Barba, C (2017). Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del *cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil. *Revista de Investigación Talentos*, 4 (1): 2631-2476.
- Romero, H, Ayala, I, and Ruiz, R (2007). Ecofisiología de la palma de aceite. *Revista Palma*, 28: 176-184.
- Saad, C, Cheah, C, and Kamaruddin, M (1994). Suitability of using palm kernel cake, (PKC) in catfish practical diet. In: Science and Technology Congress, Kuala Lumpur, Malaysia; pp. 67 – 171.
- Satoh, S, Cho, C, and Watanabe, T (1992). Effect of Fecal Retrieval Timing on Digestibility of Nutrients in Rainbow Trout Diet with the Guelph and TUF Feces Collection Systems. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58 (6): 1123-1127.
- Shapawi, R, Ng, W, and Mustafa, S (2007). Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*, 273 (1): 118–126.
- Sharmila, A, Alimon, A, Azhar, K, Noor, H, and Samsudin, A (2014). Improving Nutritional Values of Palm Kernel Cake (PKC) as Poultry Feeds. *Mal. J. Anim. Sci.*, 17: 1-18.

- Stawikowski, R, and Werner, U (1998). Die Buntbarsche Amerikas, Band 1. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, 540 p.
- Sekoni, A, Omage, J, Bawa, G, and Fetuga, P (2008). Evaluation of enzyme (Maxigrain®) treatment of graded levels of Palm Kernel Meal (PKM) on nutrient retention. Pak. J. Nut. 7(4): 614-619.
- Steel, R, and Torrie, J (1988). Bioestadística: Principios y procedimientos. Bogotá. McGraw Hill. 95 p.
- Suárez, C (2010). Elaboración de un plan de seguridad e higiene industrial en EPACEM S.A. Tesis de grado para obtener el título de ingeniero industrial en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Pp. 6-10.
- Tacón, A (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Documento de campo No 4. FAO-Italia. [cited. 2017 junio 25) <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S00.htm#TOC>.
- Teixeira, E, Oliveira, E, Castro, A, Carvalho, P, Vieira, D, and Ribeiro, L (2010). Coeficientes de digestibilidad aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (6): 1180–1185.
- Torres-Novoa, D, and Hurtado, V (2012). Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia*, 16 (1): 63-68.
- Turker, A, Yigit, S, Ergun, B, Karaali, B, and Erteken A (2005). Potential of Poultry by-product meal as a substitute for fishmeal in diets for Black Sea Turbot *Scophthalmus maeoticus*: Growth and nutrient utilization in winter. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 57 (1): 49-61.
- Tusche, K, Wuertz, S, Susenbeth, A, and Shulz, C (2011). Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 319 (1): 122-131
- Urrueta, J (2009). Procesos Industriales. Segundo Congreso Nacional de Palma de Aceite. Palenque, Chiapas, México, Febrero 12 y 13 de 2009.
- Van Soest, P, Robertson, J, and Lewis, B (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*,74:3582-3591.

- Valbuena, R, Zapata, B, and Gutiérrez-Espinosa, M (2012). Coeficientes de digestibilidad aparente de tres ingredientes proteicos para capaz, *Pimelodus grosskopfii*. Orinoquia, Vol. 16, Núm. 2.
- Varela, M (2010). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPymes. <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/y8vglufp6cnyudewphelq8muq0cozq.pdf>, accessed on 14 April 2018.
- Vargas, E (2000). Composición y variabilidad de los subproductos de trigo utilizados en la alimentación en Costa Rica. *Nutricion Animal Tropical*, 6: 23-38.
- Vargas, E, and Zumbado, M (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27: 7-18.
- Vásquez, W, Yosa, M, Hernández, G, y Gutiérrez, M (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*. 23 (2): 207-216.
- Vásquez, W, Yosa, M, Hernández, G, y Gutiérrez, M (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48 (8): 920-927.
- Vandenberg, G, and De La Noüe, J (2001). Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers *Aquaculture Nutrition*. 7: 237-245.
- Vegas, A, Ortega, D, Gualoto, W, Paredes, E, Rebolledo, E, Quintero, L, and Ortega, J (2016). Respuesta de la Palma Africana Híbrido INIAP-TENERA Cultivada In Vitro según el Tipo de Explante y Niveles de Ácido Naftalenacético. *Revista Bioagro*, 28: 193-200.
- Vergara, V (2015). Necesidades nutricionales de truchas y tilapias. Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina. P.p. 2-7.
- Wan, M, and Alimon, A (2005). Uso de la torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. *Revista Palmas*, 26 (1): 57-64.
- Watanabe, T (1988). *Fish Nutrition and Mariculture*. Departmente of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries. 233 pp.

- Wing-Keong, N, Hong-Aik, L, Siew-Ling, L, and Che-Omar, I (2002). Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture Research*. 33: 1199-1207.
- Wing, K (2005). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Revista Palmas*, 26 (3): 79-83.
- Yeong, S, Mukherjee, T, and Hutagalung, R (1981). The nutritive value of palm kernel cake as a feedstuff for poultry. *J. Dairy Sci.*, 74: 3582-3597.
- Yeong, S, and Mukherjee, T (1983). The effect of palm oil supplementation in palm kernel cake-based diets on the performance of broilers. *Agric. Res. Dev. Inst.*, 11: 378-384.
- Yudy, M, López, O, Vásquez, W, y Álvaro, F (2004). Evaluación de diferentes porciones de energía proteína en dietas para juveniles de yamú, *Brycon siebenthalae*. *Orinoquia*, 8 (1): 64 -76.
- Zhou, Q, Mai, K, Tan, B, and Liu, Y (2005). Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition*, 11: 175-182.
- Zumbado, M (1989). Utilización de productos de las palmas tropicales pejibaye y Africana en alimentación aviar. Costa Rica, Lance. 11 p.
- Zumbado, M, y Jackson, F (1995). Evaluación del aceite crudo de palma y de sus ácidos grasos en la alimentación de pollos de engorde. Proyecto VI 739-93-551. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. Informe final del proyecto.

ANEXOS

ANEXO I: Artículos publicados en revistas científicas

Journal of Oil Palm Research Vol. 32 (4) December 2020 p. 639-645
DOI: <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0079>

BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF PALM KERNEL MEAL ACCORDING TO ITS ORIGIN AND PRODUCTION PERIODS POTENTIAL USE OF PALM KERNEL MEAL IN ANIMAL FEED

EDJSON MAZÓN PAREDES^{*}; MARCELINO HERRERA RODRÍGUEZ^{**}; CARLOS MAZÓN PAREDES^{*}; ANTON GARCÍA MARTÍNEZ[†]; MANUEL DELGADO PERTIÑEZ[‡] and JOSÉ LUIS GUZMÁN GUERRERO^{‡‡}

ABSTRACT

Ecuador has a variety of agroindustrial by-products, which can be used in animal feed, although their nutritional values are often unknown. The objective of this study was to evaluate bromatological composition of palm kernel cake (PKC) in samples from two palm oil extraction plants in two areas (Quevedo and Santo Domingo) and two production periods (August and September). Random samples were taken weekly with two repetitions for a total of 64 samples. Dry matter (DM), ash, organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), crude fibre (CF), nitrogen-free extract (NFE), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignin (ADL), calcium, phosphorus, crude energy (CE) and metabolisable energy (ME) were determined. OM (62.92%) and EE (10.10%) content were higher at the Quevedo plant, while CF (23.84%) and ADL (24.66%) were higher at the Santo Domingo plant. The sampling period affected DM (98.58%), CF (23.98%) and ADL (23.78%) content, which were higher in September, while EE (10.87%) and phosphorus (0.44%) were higher in August. For CP, NFE, NDF, ADF, ash, calcium, CE and ME, interaction was observed between the two factors studied. It was concluded that most of the parameters analysed depend on the place of origin or the extraction season, or interaction between the two factors.

Keywords: *Elaeis guineensis* Jacq 1763 L, agroindustrial by-products, proximal analysis, production period, Ecuador.

Received: 18 November 2019; **Accepted:** 5 April 2020; **Published online:** 7 October 2020.

INTRODUCTION

The high cost of traditional energy products used for animal feed has sparked a search for new products

and the evaluation of their nutritional potential. One of these crops is oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. 1763 L). Palm kernel cake (PKC) is obtained when it is processed.

Vegas *et al.* (2016) reported that the cultivation of African palm in Ecuador began in the area of La Concordia in the 1950s. The plantations were established with material from *Elaeis guineensis* Deli *Dura*. Subsequently, at the Santo Domingo Experimental Station of the National Institute of Agricultural Research (INIAP), Ecuador, through the African Palm Programme, the material was improved and local *Pisiferous* plants were segregated and used to obtain the INIAP *Tenera* hybrid, using local palm (*Dura*) mothers and (*Pisifera*) fathers.

The palm-growing area of Ecuador is located in four regions; the main one is in the western area known as the Quevedo-Santo Domingo-Quinindé triangle. In 2013, palm cultivation totalled 244 574 ha and domestic production was 2.93 million tonnes of fresh fruit, meaning that for each hectare of crop,

^{*} School of Zootechnical Engineering, Faculty of Livestock Sciences, Quevedo State Technical University, Km 6½ via a El Empalme cruce a Mocache, 120501 Quevedo, Los Rios, Ecuador. E-mail: emazonp@hotmail.com

^{**} Department of Aquaculture, Agricultural and Fisheries Research and Training Institute (IFAPA), Km 4, Carretera El Rompido-Punta Umbria, 21450 Cartaya, Huelva, Spain.

[†] Faculty of Veterinary Medicine, University of Cordoba, Campus de Rabanales, s/n 14071 Cordoba, Spain.

[‡] Department of Agroforestry Sciences, Higher Technical School of Agronomic Engineering, Sevilla University, 41013 Sevilla, Spain.

^{‡‡} Department of Agroforestry Sciences, University of Huelva, Campus de la Rabida, 21819 Palos de la Frontera, Huelva, Spain.

an average of 12 t was produced (MAGP, 2013). The Esmeraldas region has 61.5% of the cultivated area and 64.8% of total production, Los Ríos has 14% of the cultivated area and 9.7% of production, Santo Domingo de los Tsáchilas has 6.6% of the cultivated area and 7.9% of production and Fichincha has 6.68% of the cultivated area and 5.55% of production (Varela, 2010).

Alimon (2004) reported that proximal analyses of PKC showed that it can be classified as an energy food because its protein content is only 16% to 18%, which would include it as a protein food, and its chemical composition is very similar to that of corn gluten or rice bran. PKC supplies protein and energy, but is considered more as a source of protein, sufficient to meet the needs of most ruminants. PKC protein content varies between 10.0% and 19.8% (Yeong and Mukherjee, 1983; Rahim *et al.*, 2010; Nuzul, 2013). PKC also contains a large amount of crude fibre (CF), from 13% to 20% (Alimon, 2004).

Sharmila *et al.* (2014) reported that the solvent extraction method provides efficient oil extraction, leaving PKC with a higher CF content. Moreover, the use of different varieties of oil palm, different methods of separating the husk from the seed and different processing methods before the extraction of the oil can also affect the (CF) values of PKC. Further, PKC nutritional values have been extensively studied and described by Alimon (2004) and Dairo and Fasuyi (2007).

PKC is mainly used in cattle feed, although it has also been used for poultry, pigs and fish due to its nutritional content: dry matter (DM) (88.0%-94.5%), crude protein (CP) (14.5%-19.6%), CF (13.0%-20.0%), ether extract (EE) (5.0%-8.0%), ash (3.0%-12.0%), nitrogen-free extract (NFE) (46.7%-58.8%), neutral detergent fibre (NDF) (66.8%-78.9%).

According to Alimon (2004), the metabolisable energy (ME) of PKC for ruminants is 2.5-2.6 Mcal kg⁻¹, which is considered suitable for most ruminants. PKC is commonly used as an energy source for both beef cattle and dairy cattle. This author has reported that for poultry, the ME in PKC is quite low (1.6-1.8 Mcal kg⁻¹). The ME for ducks also ranges from 1.7-1.9 Mcal kg⁻¹. Pork ME is higher than that of poultry (2.4-2.5 Mcal kg⁻¹), but its intake may decrease if the inclusion rate exceeds 30%.

Agroindustrial by-products are processing plant waste; their nutritional value is usually low, and they generate an environmental problem for the industry. Moreover, their nutritional value is often unknown (Vargas and Zumbado, 2003). It has been reported that in Costa Rica and other tropical countries, there is limited knowledge about the composition and proper use of agroindustrial by-products that are or could be used by the livestock feed industry (Vargas, 2000). This biological variability, the poor description of each of the by-products used as animal feed in

the different countries, the practice of providing information as averages without indicating the number of samples or the variability in composition, contribute to making the interpretation and use of published information difficult and confusing (Yeong *et al.*, 1981; Belyea *et al.*, 1989; Arosemena *et al.*, 1995).

Wing Keong (2005) reports that studies have been carried out at the Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang, Malaysia (USM) to improve the nutritional value of palm almond cake in relation to protein content. In addition, one of the ways to increase the protein content of palm almond cake is through fermentation with a fungus (*Trichoderma koningii*), which virtually doubles the protein content of palm almond cake from approximately 17%-32% raw protein.

The starting hypothesis for this work was that PKC has a high nutritional value and could be used as animal feed in several physiological stages, and that the place of origin and season of production of this PKC could affect its bromatological composition. Therefore, the general objective was to evaluate bromatological composition of PKC in samples from two palm oil extraction plants with different areas of origin (the cantons of Quevedo and Santo Domingo) and two production periods (August and September).

MATERIALS AND METHODS

Characteristics of the Areas of Origin of the By-product Used

Quevedo is located at 1° 20' 30" south latitude and 79° 28' 30" west longitude in a subtropical area. The predominant soil type is derived from volcanic ash, which provides good fertility and high moisture retention. It is located at 74 m above sea level. This canton is between the last Andean folds and the coastal plains (INMH, 2018).

The province of Santo Domingo de los Tsáchilas has a total area of 3857 km². Its geographical position is defined by the coordinates: 0° 40' north longitude, and the average elevation is 655 m above sea level. It is located on the outer flanks of the western cordillera of the Andes, and a tropical rainy climate predominates throughout the province. The dry season is characterised by low temperatures between July and December, and the rainy season is characterised by high temperatures between January and May (INMH, 2018).

Samples and Sampling

Random samples of PKC were taken during the continuous production process in August and September 2016, at two palm oil extraction plants,

one located in Quevedo and the other in Santo Domingo, Ecuador. The samples weighing 1 kg and were taken twice a week with two replicates each, for a total of 64 analysed samples (2 oil extraction plants x 2 production periods x 4 week x 2 samples/week x 2 replicates/week).

Chemical-bromatological Analysis of the By-products

Chemical analyses of the samples were carried out at the Santa Catalina Laboratories of INIAP in Izabamba (0° 21' S, 78° 33' W and 3058 m elevation), during August and September 2016. The sample (experimental unit) was mixed carefully on a flat surface using the quarters method, in which portions of the two opposite quarters were taken and mixed again, and the operation was repeated as many times as necessary until the desired quantity was obtained. The final weight of the sample for the analysis was 1 kg of PKC. The samples were homogenised and placed in air-tight plastic bags and labelled. Before analysis, the samples were crushed and passed through a 1 mm diameter sieve in a Willey mill. DM (method 934.01), ash (method 942.05), EE (method 920.39), CP (method 984.13) and CF (method 978.10) were determined according to AOAC methods (AOAC, 2006). Also, NFE was determined by difference, %NFE = %DM - (%CP + %CF + %Ash + %EE).

The total nitrogen (N) values were determined by the Kjeldahl procedure, which converts N into CP by multiplying by the factor 6.25. The analyses for NDF, acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were carried out according to Van Soest *et al.* (1991) and were expressed without residual ash. All fibre fractions were analysed in a Fibretec 1030 Hot Extractor (Tecator AB, Sweden). The fat content was measured by extraction with petroleum ether (boiling point 40°C to 60°C) in a Soxtec System 1040 extraction unit (FOSS Tecator AB, Sweden). Crude energy (CE) was determined by means of an adiabatic calorimetric pump (Parr model). Calcium was determined by the indirect redox titration method and phosphorus was found by colorimetric determination in a sodium bicarbonate solution using a Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter. The ME was calculated using the methodology of mathematical equations (Gasa and Castrillo, 1992; Aguilera, 2001).

Statistical Treatment

The results of the bromatological composition of the samples were analyzed by means of an analysis of variance (ANOVA) using the general linear model (GLM) of the SPSS statistical package for Windows (version 24.0, IBM Corp., Armonk New York, USA).

The model considered the fixed origin (*P*) and month (*M*) factors and interaction between them.

The mathematical model is shown below:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + M_j + (P \times M)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

where:

Y_{ij} - observations for dependent variables

μ - overall mean

P_i - 'i-th' effect of the levels of factor (*P*, origin),
 $i = 1, 2$

M_j - 'j-th' effect of the levels of factor (*M*, month),
 $j = 1, 2$

$(P \times M)_{ij}$ - effect of the interaction between the levels of factor *P* and the levels of factor *M*.

ε_{ij} - random effect (experimental error).

If a significant effect of interaction between the main factors is found, the means of the different groups will undergo a multiple comparison of means using the Tukey test.

RESULTS

Table 1 shows the bromatological composition of PKC for samples taken in Quevedo and Santo Domingo, Ecuador. DM, phosphorus and CE content did not show significant differences ($p > 0.05$) between the areas of Quevedo and Santo Domingo. OM, CP, EE, NFE, ash and ME contents were higher ($p < 0.001$) in PKC samples from the canton of Quevedo; however, the calcium content, CF, NDF, ADF and ADL were higher for the canton of Santo Domingo.

Regarding the sampling season, Table 1 shows that for most of the parameters studied (DM, NFE, CF, ADF, ADL, calcium, CE and ME), the values were higher (at least $p < 0.05$) in September, except for CP, EE, ash and phosphorus, which were higher (at least $p < 0.05$) in August. No differences were found between the two sampling months for organic matter (OM) and NDF ($p > 0.05$).

A significant effect was found in the interaction between origin and month (at least for $p < 0.05$) for the variables CP, NFE, NDF, ADF, ash, calcium, CE and ME (Table 1). Table 2 and Figures 1 to 4 show the separation test of the means for each of these parameters. Due to the nature of the interaction for NFE, ADF, ash and ME (ordered interaction, Ott and Longnecker, 2010), only the main effects were interpreted above. It can be seen how samples taken in August had a CP and CE higher contents when they came from the Quevedo area, whereas for samples taken in September, the content was

TABLE 1. BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF PALM KERNEL CAKE ACCORDING TO THE MONTH OF SAMPLING AND THE ORIGIN (Quevedo and Santo Domingo)

Composition (%, base DM)*	Origin (P)		Month (M)		SEM	Significance**		
	Quevedo N=16	Santo Domingo N=16	August N=16	September N=16		Fixed origin (P)	Month (M)	PxM
Dry matter (%)	98.42	98.42	98.26	98.58	0.04	NS	***	NS
Organic matter (%)	65.92	61.52	62.86	64.59	0.63	***	NS	NS
Crude protein (%)	19.07	17.68	20.05	16.70	0.35	***	***	***
Ether extract (%)	10.10	9.64	10.87	8.87	0.20	***	***	NS
NFE (%)	46.70	33.74	37.07	43.36	1.31	***	***	***
Crude fibre (%)	22.74	23.84	22.70	23.88	0.19	***	***	NS
NDF (%)	81.74	83.16	82.43	82.48	0.28	**	NS	***
ADF (%)	60.98	64.79	61.51	64.26	0.54	***	***	***
ADL (%)	19.75	24.66	20.63	23.78	0.68	***	***	NS
Ash (%)	5.26	4.23	4.75	4.73	0.09	***	***	****
Calcium (%)	2.87	2.97	2.65	2.99	0.02	***	***	***
Phosphorus (%)	0.43	0.41	0.44	0.41	0.01	NS	*	NS
CE (Mcal kg ⁻¹ DM)	4.90	4.73	4.71	4.91	0.05	NS	*	*
ME (Mcal kg ⁻¹ DM)	2.16	1.47	1.53	2.10	0.08	***	***	***

Note: *DM - dry matter; NFE - nitrogen-free extract; NDF - neutral detergent fibre; ADF - acid detergent fibre; ADL - acid detergent lignin; CE - crude energy; ME - metabolisable energy. The ME was calculated using the following equations (Casa and Castrillo, 1992; Aguilera, 2001): ME (kJ) = 15.66 x MOD (g) and MOD (%) = 107.01 - 0.963 x ADF (% DM); where MOD is the digestible organic matter. SEM - standard error of mean.

NS - not significant ($p > 0.05$); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.001$.

similar in samples from both areas (Figures 1 and 2). For NDF the opposite occurred; for samples taken in August, NDF content was higher in the Santo Domingo area and no differences were found between the two origins for September (Figure 3). Calcium content was higher for samples from Santo Domingo in September, while in August there were no differences between the two sources (Figure 4).

DISCUSSION

African palm plants grown in Ecuador are genetic materials that are adapted to the specific conditions of the country; they are highly productive varieties and are resistant to disease and provide long-term benefits. All these have been achieved thanks to trials in international research and production institutes: Palm Elit SAS, Institut de Recherche pour Les Huiles et Oléagineux (IRHO) and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique Pour Le Développement (CIRAD) with the joint participation of Ecuadorian geneticists who gathered and interpreted the results obtained in trials in different localities in order to create and develop highly productive seeds adapted to local conditions.

Industrial processing of oil palm has also been improved in recent years and the bromatological

content (CP and CE) of this by-product has increased and its appearance has improved. Given the improved nutritional bromatological content, it could be used for both ruminant and non-ruminant animals (Alimon, 2004; Dairo and Fasuyi, 2007).

The bromatological composition of PKC nutrients varies greatly according to data found in the literature (Babatunde *et al.*, 1975; Nwokolo *et al.*, 1976; Fetuga *et al.*, 1977; Hutagalung *et al.*, 1981; Yeong *et al.*, 1981; Onwudike, 1986; Lekule *et al.*, 1990; Novus International Inc., 1994; Vargas and Zumbado, 2003). The DM content produced in the Quevedo and Santo Domingo areas showed values that were higher than those described in the literature (Alimon, 2004) (88.0%-94.5%) and Vargas and Zumbado (2003) stated that 90% of African palm cooking flour was extracted by solvents (APCFES) and 93.80% of African palm cooking flour was extracted by press (APCFEM).

The CP obtained in the study areas was higher than those registered by Alimon (2004) (14.5%-19.6%) and higher than those reported by Vargas and Zumbado (2003), at 12.5%, 15.1% and 17.5% APCFE, respectively. The ash content obtained in the study areas was lower than that recorded by Alimón (2004) (3.0%-12.0%), and similar to those registered by Vargas and Zumbado (2003) in Costa Rica at 4.10%. These results could be due to the oil palm variety grown in Malaysia and Costa Rica is different from the variety planted in Ecuador, and

also to the different soil and climatic conditions in these different studies.

The calcium reported in the study areas was higher than that found by Alimon (2004) (0.21%-0.34%) and Vargas and Zumbado (2003), at 0.29% APCFES and 0.28%, respectively. The phosphorus content in the study areas was lower than that reported by Alimon (2004) (0.48%-0.71%) at 0.50%.

TABLE 2. EFFECTS OF (origin x month) ON THE BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF PALM KERNEL CAKE IN DIFFERENT SAMPLES FROM OIL EXTRACTORS IN QUEVEDO AND SANTO DOMINGO AREAS

Chemical composition (% DM basis)*	Origin**			
	Quevedo		Santo Domingo	
	Month		Month	
	August (n = 8)	September (n = 8)	August (n = 8)	September (n = 8)
NFE (%)	42.30 ^b	51.10 ^a	31.85 ^d	35.63 ^c
ADF (%)	58.48 ^b	63.49 ^a	64.53 ^a	65.04 ^a
Ash (%)	5.25 ^b	4.27 ^a	4.25 ^c	4.20 ^d
ME (Mcal kg ⁻¹ DM)	1.81 ^b	2.32 ^a	1.25 ^d	1.69 ^c

Note: *DM - dry matter; NFE - nitrogen-free extract; NDF - neutral detergent fibre; ADF - acid detergent fibre; ADL - acid detergent lignin; CE - crude energy; ME - metabolizable energy. The ME was calculated using the following equations (Casa andCastriello, 1992; Aguilera, 2001): ME (kJ) = 15.66 x MOD (g) and MOD (%) = 107.01 - 0.963 x ADF (% DM); where MOD is the digestible organic matter. **Means with different letters in the same row and factor indicate significant differences (at least p<0.05).

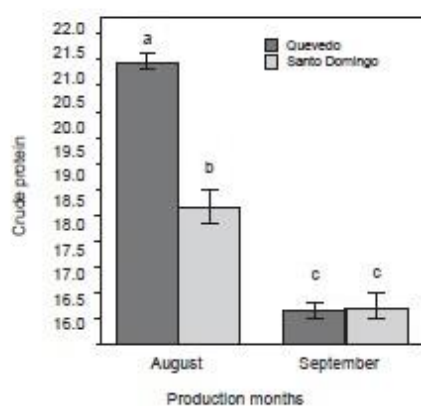


Figure 1. Interaction of origin (P) and month (M) on crude protein (CP) content [% dry matter (DM) basis] for different samples from palm oil extractors in the Quevedo and Santo Domingo areas. Values presented are the means with standard error bars. ^{ab}Indicate significant differences between mean values (p<0.05).

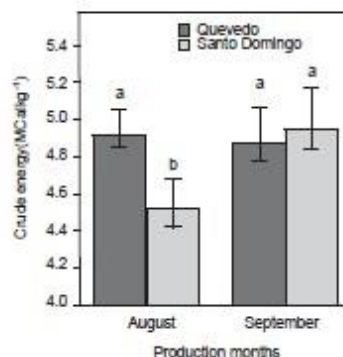


Figure 2. Interaction of origin (P) and month (M) for crude energy (CE) content [Mcal kg⁻¹ dry matter (DM)] in different samples from palm oil extractors in the Quevedo and Santo Domingo areas. Values presented are the means with standard error bars. ^{ab}Indicate significant differences between mean values (p<0.05).

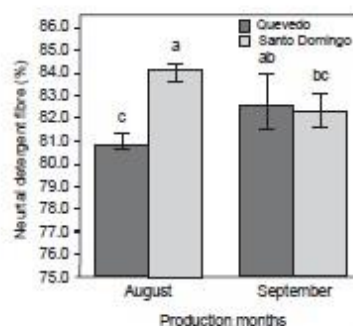


Figure 3. Interaction of origin (P) and month (M) on neutral detergent fibre (NDF) content [% dry matter (DM) basis] for different samples from palm oil extractors in the Quevedo and Santo Domingo areas. Values presented are the means with standard error bars. ^{ab}Indicate significant differences between mean values (p<0.05).

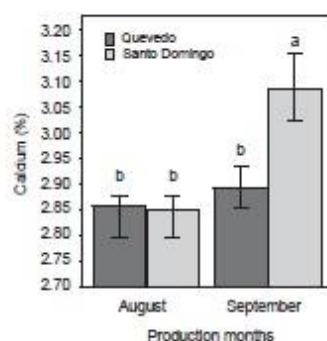


Figure 4. Interaction of origin (P) and month (M) for the calcium content [% dry matter (DM) basis] for different samples from palm oil extractors in the Quevedo and Santo Domingo areas. Values presented are the means with standard error bars. ^{ab}Indicate significant differences between mean values (p<0.05).

The variability of the bromatological composition results of PKC samples in the experiment was possibly due to the different ages of the plants chosen for harvesting the fruit (Fairhurst, 2010).

It may also be due to several environmental factors that affect African palm production and diminish its productive potential and fresh fruit quality. Some of these environmental factors include latitude, altitude, rainfall, topography, and soil texture and structure, and act indirectly on the different physiological processes of the plant, while others do so directly, such as solar radiation, photoperiod, temperature, water and soil fertility (Munévar, 2004).

In the study areas, CF values were higher than those reported by Alimon (2004) (13.0%-20.0%) and also higher than those found by Vargas and Zumbado (2003) (18.40%-18.51%, APCFES and APCFEM, respectively). Values obtained from NDF were higher than those reported by Alimon (2004) (66.8%-78.9%) and also those reported by Vargas and Zumbado (2003) at 69.73% APCFES and 66.82%, 69.73% APCFEM, respectively. ADF values were higher than those obtained by Vargas and Zumbado (2003) at 43.70% APCFES and 66.82% APCFEM, respectively. The NFE obtained in the locality studied, when compared with results obtained by Alimon (2004) (46.7%-58.8%) and Vargas and Zumbado (2003) (55.6% APCFES and 48.35% APCFEM) were lower.

The increased number of cell wall components observed in the canton of Santo Domingo was due to walnut shell (endocarp) residues, which remain in the industrial process. This higher concentration of parietal components, together with lower fat content, affects the energy content of this by-product and explains the lower values found for ME.

The effect of locality was favourable for OM, CP, EE, NFE, ash and ME content because the values found in Quevedo were higher than those of Santo Domingo due to the different environmental and soil factors. ME data for Quevedo and Santo Domingo are lower than those observed by Alimon (2004), for ruminants (2.5-2.6 Mcal kg⁻¹), poultry (1.6-1.8 Mcal kg⁻¹), ducks (1.7-1.9 Mcal kg⁻¹), and pigs (2.4-2.5 Mcal kg⁻¹).

The oil palm industrialisation process at the two plants, in Quevedo and Santo Domingo de los Tsáchilas, was similar (Urrueta, 2009), so the variability of the bromatological composition analyses cannot be attributed to the industrial process, but it could be due to different soil types and climatic variability in the two study areas (Romero *et al.*, 2007).

Pántano *et al.* (2013) reported that soil water response is a function of the variability of the monthly accumulated precipitation. Furthermore, potential monthly evapotranspiration is a product of the interaction between the soil and the atmosphere

and contributes greatly to the characterisation of the climate system. In particular, precipitation and temperature are major variables in determining the moisture situation of the soil, which in turn results in a greater or lesser oil palm production during the different months of the year due to variations in temperature and monthly precipitation in the different localities.

In addition to this, the particular environmental conditions of the site where each plant is located could determine palm growth, development and production characteristics. For oil palm, as for all plant species, the action of a climatic factor is variable and its influence will depend on the magnitude of the environmental phenomenon and the development phase of the crop (Romero *et al.*, 2007).

Regarding the sampling period, for most of the parameters studied (DM, NFE, CF, ADF, ADL, calcium, CE and ME) the values were higher in September, except CP, EE, ash and phosphorus, which were higher in August. In addition to the factors mentioned above, there were other causes of productive variation in the areas studied. Estupiñán *et al.* (2013) stated that there are other reasons why areas where oil palm is produced show productive variability, which include: different hybrids, different planting ages, different types of phytosanitary problems, different modes of fertilisation, which could cause this productive variability in each study area, in addition to climatic, soil and ecological factors.

CONCLUSION

The area of origin of PKC did not influence DM and phosphorus content; however, in the Quevedo area, higher OM, EE, ash, NFE, and ME and lower ADF were found. The production periods of the oil palm industrial process affected the bromatological composition of most of the parameters studied because the values obtained for DM, NFE, CF, ADF, ADL and ME were higher in September, while values of EE, Ash and phosphorus were higher in August. Meanwhile, the CP, CE, NDF and calcium content of palm kernel cake was different in each area of origin depending on when the extraction took place, such that CP and CE were higher in Quevedo only in August and NDF and calcium were higher in Santo Domingo in August and September, respectively.

RECOMMENDATION

Due to the variability of its bromatological composition, depending on its origin and time of extraction, PKC must be analysed before use as complementary food for animals. It is recommended

that a sampling study be conducted in the rainy season (January to April) and in the dry season (June to August), in the tropical zone of the Ecuador. Finally, it is recommended that a fermentation process be carried out in solid form with fungi, especially with the one identified as *Trichoderma koningii* on palm almond cake to increase the protein content, since this methodology has good potential, according to a report by Ng *et al.* (2002), as it doubled the protein content of raw palm seed cake from 17% to 32%.

ACKNOWLEDGEMENT

The research was supported by the Graduate Department of the State Technical University of Quevedo, with supported from Fourth Notary of the canton Quevedo Los Rios, Ecuador and INIA-FSE. We would like to thank to the reviewers for their valuable contribution to this article.

REFERENCES

Aguilera, JF (2001). Aportaciones al conocimiento de la nutrición energética de pequeños rumiantes, con particular referencia al ganado caprino. *Archivos de Zootecnia*, 50: 565-596.

Alimon, A R (2004). The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. *J. Oil Palm Res. Vol. 40*: 12-16.

Arosemena, A; Depeters, E and Fadel, J (1995). Extent of variability in nutrient composition within selected by-products feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 54: 103-120.

AOAC (2006). *Official Methods of Analysis* (Horwitz, W and Latimer, G eds.). 18th Edition, Gaithersburg., p. 1-68.

Babatunde, M; Fetuga, G; Odumosu, O and Oyenuga, V (1975). Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1279-1291.

Belyea, R; Esteevens, B; Restrepo, R and Clubb, A (1989). Variation in composition of by-products feeds. *J. Dairy Sci.*, 72: 2339-2345.

Dairo, F A S and Fasuyi, A O (2007). Evaluation of fermented palm kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soyabean meal protein in laying hens diets. *J. Cent. Eur. Agr.*, 9: 33-47.

Estupiñan, G; Santacruz, L and Cristancho, A (2013). Caracterización de las variables de crecimiento,

niveles foliares y de rendimiento en dos materiales genéticos de palma O×G y D×P en diferentes edades de desarrollo de la plantación Guaicaramo S.A. *Revista Palmas.*, 34: 99-108.

Fairhurst, T (2010). Algunas prácticas clave de manejo para máximo rendimiento en cultivos maduros de palma de aceite. *Revista Palmas.*, 31(1): 45-46.

Fetuga, B; Babatunde, G and Oyenuga, V (1977). The value of palm kernel meal in finishing diet for pigs. *J. Sci. Food Agric.*, 26: 1279-1291.

Gasa, J and Castrillo, C (1992). Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Hojas divulgativas 13/91. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 24 pp.

Hutagalung, R; Mahyuddin, M and Jalabudin, S (1981). Feed for farm animals from the oil palm. National Workshop on Oil Palm By-products Utilization. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20053053501>, accessed on 16 July 2018.

INMH (2018). *Meteorological Yearbook No. 52-2012*. National Institute of Meteorology and Hydrology, Republic of Ecuador. www.serviciometeorologico.gob.ec, accessed on 24 November 2018.

Lekule, F; Jorgensen, H; Fernandez, J and Just, A (1990). Nutritive value of some tropical feedstuffs for pig. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 28: 91-101.

MAGP (2013). Short-term survey program No. AG86-II-2013. Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Republic of Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201302.pdf>, accessed on 22 February 2019.

Munévar, F (2004). Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. *Revista Palmas.*, 28(2): 148-164.

Ng, W K; Lim, H K; Lim, S W and Ibrahim, O (2002). Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis sp.*). *Aqua Res.*, 33: 1119-1207.

Novus International Inc. (1994). *Raw Material Compendium a Compilation of Worldwide Data Sources*. Second edition, Bruselas por Novus Europe. 511 pp.

- Nuzul, I (2013). Characteristics of Malaysian palm kernel and its products. *J. Oil Palm Res.* Vol. 25: 245-252.
- Nwokolo, E; Bragg, D and Kitts, W (1976). The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseeds and rapeseeds meal for the growing chick. *J. Poult. Sci.*, 55: 2300-2304.
- Onwudike, O (1986). Palm kernel meal as a feed for poultry replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 16: 179-186.
- Ott, L and Longnecker, M (2010). *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*. Fifth edition. Vol. 1. R.R Donnelley & Sons, Inc./Willard (Carolyn Crockett, Ann.). p. 850-854.
- Pántano, V; Spescha, L; Penalba, O and Murphy, G P (2013). Influencia de la variabilidad de temperatura y precipitación en la situación hídrica del suelo, en la región oriental de secano de la Argentina. *Revista Meteorológica.*, 39: 21-36.
- Rahim, M; Alimon, A R and Ivan, M (2010). Effects of fungal treatment on the *in vitro* digestion of palm kernel cake. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 22. Article #82. <http://www.lrrd.org/lrrd22/4/rami22082.htm>, accessed on 17 April 2014.
- Romero, H; Ayala, I and Ruiz, R (2007). Ecofisiología de la palma de aceite. *Revista Palma.*, 28: 176-184.
- Sharmila, A; Alimon, A R; Azhar, K; Noor, H M and Samsudin, A A (2014). Improving nutritional values of palm kernel cake (PKC) as poultry feeds. *Mal. J. Anim. Sci.*, 17: 1-18.
- Urrueta, J (2009). Procesos Industriales. Segundo Congreso Nacional de Palma de Aceite. Palenque, Chiapas, México, Febrero 12 y 13 de 2009.
- Van Soest, P; Robertson, J and Lewis, B (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3582-3591.
- Varela, M (2010). *Boletín mensual de análisis sectorial de MIPymes*. <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/y8vghu6p6cnyudewphelq8muq0cozq.pdf>, accessed on 14 April 2018.
- Vargas, E (2000). Composición y variabilidad de los subproductos de trigo utilizados en la alimentación en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical.*, 6: 23-38.
- Vargas, E and Zumbado, M (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27: 7-18.
- Vegas, A; Ortega, D; Gualoto, W; Paredes, E; Rebolledo, E; Quintero, L and Ortega, J (2016). Respuesta de la Palma Africana Híbrido INIAP-TENERA Cultivada In Vitro según el Tipo de Explante y Niveles de Ácido Naftalenacético. *Revista Bioagro.*, 28: 193-200.
- Wing Keong, N (2005). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Revistas Palmas*, 26: 79-80.
- Yeong, S W; Mukherjee, T K and Hutagalung, R (1981). The nutritive value of palm kernel cake as a feedstuff for poultry. *J. Dairy Sci.*, 74: 3582-3597.
- Yeong, S W and Mukherjee, T K (1983). The effect of palm oil supplementation in palm kernel cake-based diets on the performance of broilers. *Malays. Agric. Res. Dev. Inst.*, 11: 378-384.



Artículo de investigación

Digestibilidad aparente de dietas con torta de palmiste sobre el rendimiento productivo de la especie nativa *Cichlasoma festae* en la etapa de cría

Apparent digestibility of diets with palm kernel cake on the productive performance of the native species *Cichlasoma festae* in the breeding stage

Edison Mazón^{1*}, Marcelino Herrera², Marlene Mazón³, Antón García⁴, Manuel Delgado⁵, José Luis Guzmán⁶

¹Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

²Instituto De Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Agua del Pino, Ctra. El Rompido-Punta Umbria, 21459 Cartaya, España

³Carrera de Turismo, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

⁴Facultad de Veterinaria, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

⁵Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera km 1. 41013 Sevilla, España

⁶Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, "Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario, ceiA3", Campus de la Rabida, 21819 Palos de la Frontera, Huelva, España

* Autor para correspondencia: emazonp@hotmail.com (Edison Mazón)

Resumen

El objetivo fue valorar el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el rendimiento productivo, calculando el incremento de peso (IP), incremento de peso relativo (IPR), tasa de crecimiento (TC), tasa de crecimiento incremental (TCI), conversión alimenticia (CA), digestibilidad aparente de la materia seca (MS), proteína (PB) y energía bruta (EB), así como, el costo de esta alimentación y la mortalidad del pez nativo vieja colorada en la etapa de cría. Los peces fueron alimentados con cuatro dietas (0, 4, 8 y 12% de palmiste) y cuatro repeticiones por tratamiento, por 30 días, alojados en 16 jaulas en un estanque. Se determinaron: el peso final (PF), IP, IPR, TC, TCI, CA, los coeficientes de digestibilidad MS, PB y EB, costos de alimentación y mortalidad. No se encontraron diferencias significativas en el PF, IP, IPR, TC Y TCI de la vieja colorada, entre los tratamientos T1, T2 y T3 de inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (T4) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta T1. La CA presentó un mayor valor en la dieta testigo en comparación con la dieta T2 ($p < 0,05$). El T4 evidenció la peor conversión alimenticia ($p > 0,05$). A medida que se incrementó el % de palmiste el costo de la dieta disminuyó significativamente. La inclusión en la dieta de la vieja colorada de hasta un 8% de palmiste no afectó a los parámetros de rendimiento productivo estudiados. Además, se abarata la dieta significativamente.

Palabras claves: Torta de palmiste, digestibilidad, rendimiento productivo

Abstract

The objective was to evaluate the effect of diets based on palm kernel cake on yield, calculating the increase in weight (IP), relative weight increase (IPR), growth rate (TC), incremental growth rate, Feed conversion, dry matter (DM), protein (CP) and crude energy (EB), as well as the cost of this feed and the mortality of the native redfish in the rearing stage. The fish were fed four diets (0, 4, 8 and 12% of palm kernel) and four replicates per treatment, for 30 days, housed in 16 cages in a pond. The final weight (PF), IP, IPR, TC, TCI, CA, the digestibility coefficients MS, PB and EB, feed costs and mortality were determined. No significant differences were found in the PF, IP, IPR, TC and TCI of the old colorada, among the treatments T1, T2 and T3 of inclusion of the palm kernel cake; Only the diet with the highest percentage of inclusion (T4) showed worse results with respect to the T1 diet. AC had a higher value in the control diet compared to the T2 diet ($p < 0.05$). T4 showed the worst feed conversion ($p > 0.05$). As the percentage of palmists increased, the cost of the diet decreased significantly. The inclusion in the diet of the red color of up to 8% of palm kernel did not affect the parameters of productive yield studied. And, in addition, the diet is significantly cheaper.

Keywords: Palm kernel cake, digestibility, productive performance

INTRODUCCIÓN

La producción pesquera mundial ha aumentado de forma constante en las últimas cinco décadas y el suministro de peces comestibles se ha incrementado a una tasa media anual del 3,2 %, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1,6 % (FAO, 2014). La alimentación en piscicultura excede el 70 % de los costos de producción. Es la partida más vulnerable y que el técnico y productor deben observar con mayor atención, debido a los constantes cambios que experimenta tanto el mercado acuícola y tecnológico, ofreciendo nuevas alternativas en ingredientes y aditivos, que pueden ser utilizados con ventaja económica en las diferentes fases del proceso productivo (Pereira-Filho, 1995; Abimorad y Carneiro, 2004; Cavalheiro *et al.*, 2007).

En Ecuador no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos vegetales para la producción orgánica de alto valor proteico para ser incluidos en la formulación de dietas para piscicultura. Por tanto, se acentúa la necesidad de explorar en recursos vegetales orgánicos alternativos como sustitutos de fuentes convencionales de proteína como es el caso de la torta de palmiste (Meurer *et al.* 2003; Lund *et al.* 2011; Tusche *et al.* 2011). Mazón (2013) caracterizó la torta de palmiste procedente de los cantones Quevedo y Santo Domingo (Ecuador), indicando que posee un contenido alto de materia seca (98,42%), un valor medio de proteína bruta (18,38%), un contenido de grasa bruta de 9,87% y de fibra bruta un valor promedio de 23,96%. Los valores de energía bruta y metabolizable encontrados fueron de 4,81 Mcal/kg MS y 1,81 Mcal/kg MS, respectivamente. La digestibilidad es la cuantificación del proceso digestivo, con que es convertido un alimento en el aparato digestivo en sustancias útiles para el organismo. Y es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a la alimentación (Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995; Pezzato *et al.*, 2002; Gonçalves y Carneiro, 2003). La vieja colorada es un pez de aguas cálidas de la familia Cichlidae, de carne blanca y excelente sabor (Luna *et al.*, 2000). Su cultivo se ha desarrollado a nivel de acuario ornamental, aún no se ha caracterizado anatómicamente, no se conoce la curva de crecimiento ni la eficiencia nutritiva a pesar de ser un pez muy conocido y apetecido por la población (Barnhill *et al.*, 1973). Es nativa de la zona continental de América del Sur con alta presencia en Ecuador, centrándose entre las nueve especies de importancia comercial que habitan las aguas continentales del Ecuador, Colombia y Perú (Revelo, 2009). Los limitantes para conocer el potencial de especies nativas suelen ser la falta de información sobre sus hábitos alimenticios naturales y los requerimientos nutricionales para cada especie en particular (Köprüçöl *et al.*, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, Peces, alojamiento, alimentación y muestreo

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca “El Peñón del Río”, de la zona de Pambilar de Calope (Los Ríos), perteneciente al cantón Quinsaloma, cuya ubicación geográfica son 1°12'19" S, 79°29'36" W, a una altura de 75 m.s.n.m. Se sitúa en una zona ecológica de bosque húmedo tropical, temperatura ambiental media anual de 25,47 °C, humedad relativa promedio de 85,84% y una precipitación medio anual 2.223,85mm. Esta investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de mayo y junio del 2016 (época seca), con una duración de 30 días.

Se utilizaron 400 alevines de vieja colorada con un peso inicial de $7,4 \pm 1,5$ g, con una densidad de carga de 25 peces por jaula (0,185 kg/m³). Se emplearon 16 jaulas experimentales de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m de altura, cubiertas de una malla de plástico extruido de 6x8cm, un estanque de agua de 30 x 20 m y 0,8 m de profundidad. Para la biometría de los peces se usaron una balanza eléctrica de 5 kg de capacidad con una pesada mínima de 1g, un muelle de 30 x 1,5 m, para el suministro de las dietas experimentales. El estanque no contaba con equipamiento de aireadores debido a que estaba abastecido por un flujo continuo de agua altamente oxigenada de 15 l/min y doblemente filtrada, la cual provenía de una represa de agua de 0,25 Ha de superficie. La temperatura del agua fue de $20 \pm 0,5$ °C. El oxígeno disuelto en el agua de los estanques se mantuvo en 11 ± 1 mg/l y el pH en $6,5 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimento no ingerido y materia orgánica de excreción) fueron retirados diariamente por un sistema de desagüe tipo monge.

Los alevines tuvieron un período de adaptación a las jaulas experimentales de siete días antes del inicio del experimento y fueron alimentados con alimento extruido con un alto contenido de proteína para que se acostumbraran al consumo de alimento concentrado. Se formularon cuatro dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) que fueron formuladas por el método de aproximación y error para representar las dietas isoproteicas (42% de proteína total) e isocalóricas (2938, 2998, 3014 y 3007 kcal/kg), utilizando los insumos y las cantidades indicadas en la Tabla 1. La dieta experimental se ofreció, ad libitum cuatro veces por día (08:00, 11:00, 13:00 y 15:00 horas) durante 30 días. Además, como medida profiláctica, los peces fueron tratados con una solución de azul de metileno (5g/10 l cada 30 días), para evitar la presencia del hongo *Ichthyophthirius* y bacterias patógenas. Asimismo, después de cada muestreo se empleó una solución de azul de metileno diluido en el agua para evitar la contaminación de hongos y bacterias.

Tratamientos

Los tratamientos experimentales fueron: T1 (0), T2 (4), T3 (8) y T4 (12% de torta de palmiste en la dieta). Se utilizó el manual de necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo de Vergara (2015), Universidad Nacional Agraria La Molina. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (4 dietas con diferente

porcentaje de torta de palmiste) y cuatro repeticiones por tratamiento y la toma de datos se efectuaron durante 30 días. Los tratamientos experimentales (dietas) y su composición química se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de Palmiste para la fase de crecimiento de la vieja colorada (*Cichlasoma festae*).

Ingredientes (%) ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)				Requerimto ⁶
	T0	T4	T8	T12	
Maiz	7,00	3,40	1,40	0,00	
Torta de soya	43,00	44,00	45,00	46,00	
Pescado	44,00	42,00	40,00	38,00	
Aceite de soja	2,40	3,00	2,00	0,40	
Torta palmiste	0,00	4,00	8,00	12,00	
Antimicótico ²	0,05	0,05	0,05	0,05	
Metionina	0,20	0,20	0,20	0,20	
Antioxidante ³	0,05	0,05	0,05	0,05	
Cloruro colina	0,10	0,10	0,10	0,10	
Bentonita	3,00	3,00	3,00	3,00	
Pre mezcla ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10	
Enzima ⁵	0,10	0,10	0,10	0,10	
	Composición proximal teórica (%)				
Energía digestible dietaria (kcal kg ⁻¹)	2.938	2.998	3.014	3.007	3.000
Proteína total	42,00	42,00	42,00	42,00	42
Fibra	3,30	4,10	4,90	5,80	—
Calcio	2,24	2,16	2,08	2,00	1,0
Fósforo ⁷	1,80	1,70	1,60	1,50	0,8
Arginina	2,35	2,38	2,36	2,47	1,79
Lisina	2,58	2,54	2,47	2,47	0,94
Met+cist	1,26	1,25	1,24	1,23	0,35
Triptófano	0,44	0,44	0,43	0,44	0,30

¹Alimento Seco al aire; ²Mollejosanitin; ³Endox; ⁴Rovimix pre mezcla: Vitamina A, D3, K, E, B1, B2, B6, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Calcio, Biotina, Ácido Fólico, Colina, Inositol y Vitamina C; ⁵Avizyme 1502; ⁶Necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo (Vergara, 2015); ⁷Fósforo total de la dieta.

VARIABLES DE RESPUESTA

El comportamiento productivo de la "vieja colorada" se evaluó a través de la determinación y utilización de la tasa de conversión de alimentos. La tasa de conversión de alimentos (TCA) es la proporción existente entre la cantidad de alimentos distribuidos (g) y la ganancia de peso de los peces (g), en el mismo período de tiempo (Tación, 1989). TCA = Cantidad de alimento distribuido (g) / Ganancia de peso de los peces (g). Los parámetros del control del crecimiento y la eficiencia alimenticia se realizaron por la metodología empleada por Jauralde (2015). Incremento del peso: es el aumento en peso por unidad de tiempo por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) a una determinada temperatura.

$$IP = (Pf - Pi)$$

Dónde:

IP = incremento de peso

Pf = peso final

Pi = peso inicial

Incremento del peso relativo: es el aumento en peso por unidad de tiempo a diferentes edades por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) en un determinado rango de temperatura.

$$IPR (\%) = 100 \times (Pf - Pi) / (Pi)$$

Dónde:

IPR = incremento de peso relativo

Pf = peso final

Pi = peso inicial

Tasa de crecimiento: es una medida del aumento o disminución promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días), por la cantidad de alimento ingerido y por la temperatura del agua.

$$TC (\%) = 100 \times (Pf - Pi) / t$$

Dónde:

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = periodo de tiempo

Tasa de crecimiento incremental: es una medida del aumento promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días), por la cantidad de alimento ingerido y por la temperatura del agua.

$$TCI (\%) = 100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$$

Dónde:

TCI = tasa de crecimiento incremento incremental

ln = logaritmo natural (logaritmo neperiano)

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = periodo de tiempo

Consumo neto de alimento: es la cantidad de alimento complementario consumido semanalmente menos el residuo de alimento

$$CNali = \text{Peso de alimento consumido (g)} - \text{Peso del residuo (g)}$$

Dónde:

CNali = consumo neto de alimento

El cálculo de la digestibilidad aparente (CDA) se realizó por el método de la recolección total de heces en cada uno de los tratamientos y repeticiones, mediante el sistema Guelph modificado: este método consiste en el uso de un tanque cilíndrico con fondo cónico (acuario metabólico). Donde el abastecimiento de agua y oxígeno es continuo por la parte superior y en el fondo lleva un tubo recolector de heces (Furuya *et al.*, 2001; Vandenberg y De la Noüe, 2001; Abimorad y Carneiro, 2004; Amirkolaie *et al.*, 2005; Henry-Silva *et al.*, 2006), posteriormente se realizará un análisis bromatológico de las heces extraídas y de las muestras de las dietas experimentales empleados en las investigaciones.

La digestibilidad de las dietas experimentales de los peces se determinó por el método directo, también llamado método de recolección total, consistió en la recolección cuantitativa y el análisis de todas las heces producidas. Y tiene como inconveniente el fenómeno conocido como la masticación externa del alimento dentro del agua provocando lixiviación (Mendoza, 1993; Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995). El coeficiente de digestibilidad se calculó de la siguiente manera:

$$C.D. \% = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutrientes en las heces}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

La digestibilidad puede variar en función del nivel de inclusión del ingrediente en la dieta; normalmente, la digestibilidad disminuye en la medida en que aumentan las concentraciones del ingrediente en la ración (Furuichi y Yone, 1980; Henken *et al.*, 1985; Aksnes *et al.*, 1996; Gonçalves y Carneiro, 2003).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todos los parámetros analizados del rendimiento productivo fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico Statistical Analysis System Software (System for window 9.0. Copyright 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En el modelo se han consideraron los porcentajes de torta de palmiste 0, 4, 8 y 12%), analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de medias mediante HSD-Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento productivo

El comportamiento productivo de la especie nativa vieja colorada alimentada con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas se observa en el Tabla 2. Al final del periodo experimental no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$), en el PF, IP, IPR, TC y TCI de la vieja colorada, entre los tratamientos T1, T2 y T3% con inclusión de la torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (T4) mostró unos peores resultados con respecto a la dieta T1. La investigación sobre el uso de torta de palmiste en acuicultura en países tropicales es muy limitada. La inclusión de la torta de palmiste como fuente alternativa de proteína, como sustitución de la harina de pescado ha sido investigada

en especies acuáticas. Algunos estudios iniciales indican que la torta de palmiste puede ser tolerada incluso hasta un 30% en raciones para bagre (*Ciarias gariepinus*) y 20% en tilapia (*Oreochromis niloticus*), muy por encima de los niveles de nuestro trabajo, sin que se presenten efectos adversos en crecimiento y rendimiento (Saad *et al.*, 1994).

Tabla 2. Comportamiento productivo y digestibilidad aparente del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría.

Variable ¹	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Peso final (g)	12,59±0,88a	12,40±0,88ab	12,41±0,88ab	12,32±0,88b
Incremento del peso (g)	4,58±0,28a	4,40±0,28ab	4,41±0,28ab	4,34±0,28b
Incremento del peso relativo (g).	57,19±0,15a	55,00±0,15ab	55,12±0,15ab	54,25±0,15b
Tasa de crecimiento (%)	15,26±0,49a	14,66±0,49ab	14,70±0,49ab	14,46±0,49b
Tasa del crecimiento incremental (%)	1,52±0,07a	1,47±0,07ab	1,48±0,07ab	1,46±0,07b
Consumo alimento (g)	13,57±0,54a	13,00±0,54b	13,19±0,54ab	13,39±0,54ab
Conversión alimenticia (g)	1,08±0,05b	1,05±0,05b	1,06±0,05b	1,31±0,05a
Digestibilidad materia seca (%)	54,90±5,06a	52,10±5,06b	51,40±5,06c	50,10±5,06d
Digestibilidad proteína bruta (%)	84,10±4,71a	82,70±4,71b	81,30±4,71c	79,70±4,71d
Digestibilidad energía bruta (%)	68,70±3,94a	67,70±3,94b	66,70±3,94c	65,00±3,94d
Costo alimento (\$ Kg ⁻¹)	0,994±0,00a	0,981±0,00b	0,963±0,00c	0,945±0,00d
Mortalidad (%)	5	1	4	3

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey.

¹Corresponden a medias (±EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento. T1: 0% de torta de palmiste, T2: 4% de torta de palmiste, T3: 8% de torta de palmiste y T4: 12% de torta de palmiste.

Resultados parecidos, y en las mismas especies tilapia y bagre Wan (2005) y Wing (2005) han encontrado resultados satisfactorios hasta un nivel del 20%. En este sentido, el comportamiento productivo no fue afectado en la alimentación de la cachama (*Piaractus brachipomus*) por el uso de esta fuente alternativa de proteína (Vásquez, 2013). Estos resultados son consistentes con los reportados por Amaya *et al.* (2012), los cuales incorporaron la torta de palmiste hasta un nivel del 8% sin afectar el rendimiento productivo de los peces (tilapia roja) indicando que pueden incorporarse mayores niveles de inclusión. También otros autores han utilizado la torta de palmiste como ingrediente orgánico para la sustitución parcial o total de la harina de pescado para especies acuáticas sin efectos negativos en los parámetros productivos hasta un 8% (Vásquez *et al.*, 2010).

Al igual que con muchos ingredientes para harinas con base vegetal y de semilla de aceite, existen varios factores que pueden limitar la incorporación de la torta de palmiste en las dietas de pescados. Estos incluyen su contenido proteico relativamente bajo, posible deficiencia de aminoácidos, y la presencia de factores antinutricionales (Wan, 2005). Aunque en este estudio, las dietas con diferentes porcentajes de palmiste contaban con una harina de pescado de exportación con un 59% de proteína total, la que proveyó de niveles adecuados de aminoácidos, además se complementó con la utilización de aditivos nutricionales como la pre mezcla de vitaminas y minerales y metionina sintética. Por eso, esta deficiencia en aminoácidos parece no ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta con el mayor porcentaje de inclusión (12%). Otros autores, manifiestan que la baja digestibilidad de la torta de palmiste se atribuye normalmente a los altos niveles de polisacáridos no almidonados (PNA) (Wing, 2005) así como, a la composición de la pared de las células (Dusterhoff y Voragen, 1991.). Wing (2005) indica que estos factores antinutricionales impiden la digestibilidad y la utilización de los nutrientes de la torta de palmiste, bien por encapsulación directa de los nutrientes o por el aumento de la viscosidad del contenido intestinal, reduciendo así la tasa de hidrólisis y la absorción de los nutrientes de la dieta. Esta explicación podría ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta de 12% de inclusión en comparación con las dietas control. La adición de enzimas proteolíticas, fibrolíticas o que degradan los carbohidratos a las dietas basadas en torta de palmiste, tiene un gran potencial para la liberación de nutrientes no disponibles y de energía.

Wing-Keong *et al.* (2002) en investigaciones realizadas con tilapias alimentadas con torta de palmiste previamente tratada con enzimas para alimento comercial, demostraron de manera consistente mejor eficiencia en el crecimiento y utilización del alimento, al compararlas con peces alimentados con niveles similares de torta de palmiste cruda. Y manifiestan que hasta 30% de torta de palmiste tratada con enzimas podría incorporarse a la dieta de tilapias rojas sin frenar su crecimiento de manera significativa, resultados consistentes a los reportados por Wing (2005). En este sentido, hay que indicar que las dietas experimentales a base de torta de palmiste que se utilizaron en la alimentación de la vieja colorada en la etapa de cría tenían un complejo enzimático a base de proteasa, xilanasas y amilasa, con el propósito de mejorar la digestibilidad de las mismas.

El consumo de alimento presentó diferencias significativas entre las dietas con el 0 y 4% de torta de palmiste y se puede apreciar un mayor consumo en la dieta testigo. En la conversión alimenticia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 0, 4 y 8% de la torta de palmiste y, estos, a su vez fueron diferentes a la dieta con un

12% de torta de palmiste, que manifestó la peor conversión alimenticia. Referente a los costos de alimentación, se observó un mayor costo por kilogramo de la dieta elaborada con un mayor contenido de pescado (0% de torta de palmiste). A medida que se iba reemplazando el uso de la harina de pescado en la dieta se iba disminuyendo el costo por kilogramo de alimento (4, 8 y 12% de torta de palmiste). Se resalta que no fue necesaria la suplementación con aminoácidos en las dietas que contenían torta de palmiste, por lo que no hubo un costo adicional, por ello, siendo una alternativa más económica que la utilización de harina de pescado.

Su mayor disponibilidad y menor costo respecto a otros subproductos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja y torta de algodón, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda de otras especies de animales. Tomando como base las dietas experimentales con inclusión de torta de palmiste se obtuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la MS, PB y EB descritos en la Tabla 2. Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre en tratamiento testigo (T1) en relación a los tratamientos T2, T3 y T4, en la MS, PB y EB. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Vázquez *et al.* (2010) en un estudio de la tilapia y Vázquez *et al.* (2013) para la cachama.

Los coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados en esta investigación concuerdan, de manera general, con los descritos en diferentes estudios con tilapia y cachama para MS, PB y EB similares entre los resultados publicados en la literatura se observan discrepancias, que según consenso entre investigadores pueden ser causadas por diferencias en las metodologías empleadas para la determinación de los coeficientes, entre otras, procesamiento de las dietas, diferencias en los niveles de inclusión del ingrediente investigado, clase de dieta testigo utilizada (Anderson *et al.*, 1995; Boscolo *et al.*, 2008; Furuya *et al.*, 2001; Guimarães *et al.*, 2008; Masagounder *et al.*, 2008), forma de colecta de heces (Meurer *et al.*, 2003), tamaño de los peces, ecuación utilizada para el cálculo de los coeficientes (Foster, 1999) y proceso de elaboración de las dietas experimentales (Allan *et al.*, 2000).

Cuando se analizó la mortalidad entre los diferentes tratamientos, se produjo la muerte de los peces debido a la manipulación por el pesaje inicial y final, medición de las medidas anatómicas externas y al traslado de los peces a los acuarios metabólicos del experimento. También se puede atribuir la mortalidad al ataque de hongos de tipo *Ichthyophthirius* y parásitos externos. No se puede considerar la mortalidad por efecto de las dietas experimentales (Tabla 2).

CONCLUSIONES

La inclusión de la torta de palmiste hasta un 8% en las dietas para la alimentación de la vieja colorada en la época de cría, no afecta el rendimiento productivo de los peces en lo que respecta a peso final, incremento de peso, incremento relativo del peso, tasa de crecimiento, tasa de crecimiento incremental y conversión alimenticia. Al poder incluir hasta un 8% la torta de palmiste en la dieta de la vieja colorada, sin afectar al rendimiento productivo, abarataría significativamente el costo de la dieta. A mayor disponibilidad de torta de palmiste durante todo el año y a menor costo respecto a otros productos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda para el uso de otras especies de animales, lo que en términos económicos también justificaría su uso.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Abimorad E., Carneiro D.J. 2004. Métodos de colecta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Revista Brasileira de Zootecnia. 33: 1101-1109.
- Amaya E., Afanador G., Quintero L., Bonilla W. 2012. Valor nutricional de la torta de palmiste en dietas prácticas para alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Laboratorio de Ictiología, Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. [Disponible en línea] <http://propalma.webcindario.com/tortalevinos.pdf>
- Amirkolaie A.K., Leenhouders J.I., Verreth J.A.J., Schrama J.W. 2005. Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture research. 36: 1157-116.
- Anderson J.S., Lall S.P., Anderson D.M., McNiven M.A. 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 138: 291-301.
- Aksnes A., Hjertnes T., Opstvedt J. 1996. Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. Aquaculture. 140: 343-359.
- Allan G.L., Parkinson S., Booth M.A., Stone D.A.J., Rowland S.J., Frances J., Warner-Smith R. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. Aquaculture. 186: 293-310.
- Barnhill L.B.E., López A. Les. 1973. Estudio sobre la biología de los peces del río Vinces. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico. Volumen III. número I.
- Boscolo W.R., Hayashi C., Feiden A., Meurer F., Signor A.A. 2008. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Ciencia Rural. 38: 2579-2586

- Carneiro D.J., Castagnolli N., Machado C.R., Verardino M. 1984b. Nutricio do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). III Níveis de energia metabolizável em dietas isoproteicas. São Carlos, SP: Simpósio Brasileiro de Aquicultura. p 133-146.
- Oliveira Cavalheiro J.M., Oliveira de Souza E., Singh Bora P. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology*. 98: 602 –606.
- De Silva S.S., Anderson T.A. 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*, London, 319 pp.
- Dusterhoft E.M., Voragen A.G.J. 1991. Non-starch and polysaccharides from sunflower (*Helianthus annuus*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal-preparation of cell Wall material and extraction of polysaccharide fractions. *Journal Science Food Agriculture*. 55: 411-42
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. E-ISBN 978-92-5-308276-6 (PDF). Roma, 2014. P.p. 4 – 8.
- Foster I. 1999. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*. 5: 143-145.
- Furuya W.M., Pezzato L.E., Pezzato A.C., Barros M.M., Miranda E.C. 2001. Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30: 1143-1149.
- Furuya W.M., Gonçalves G.S., Furuya B.R.V., Hayashi C. 2001. Fitase na alimentação da Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30: 924-929.
- Furuichi M., Yone Y. 1980. Effect of dietary levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 46: 225-229.
- Gonçalves G.E., Carneiro D.J. 2003. Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32: 779-786.
- Gonçalves G.E., Pezzato L.E., Barros M.M., Kleeman G.K., Rocha D.F. 2005. Efeitos da Suplementação de Fitase sobre a Disponibilidade Aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em Alimentos Vegetais para a Tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34: 2155-2163.
- Guimarães L.G., Pezzato L.E., Barros M.M. 2008. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*. 14: 396-404
- Henken A.M., Kleingeld D.W., Tijssen P.A.T. 1985. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish. *Aquaculture*. 15: 1-11
- Henry-Silva G.G., Camargo M.A.F., Pezzato L.E. 2006. Digestibilidade aparente de macrofitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35: 641-647.
- Jauralde I. 2015. Control del crecimiento y eficiencia alimentaria. Grupo en Acuicultura y Biodiversidad. Universidad Politécnica de Valencia. España. p. 2 – 10.
- Cerdá J.M. 2000. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo Bioenergético. *Revista AquaTic*. 9: 1 - 11.
- Köprücü K., Özdemir Y. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 250: 308-316.
- Luna J., Figueras T., Hernandez de la Rosa L. 2000. Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* variedad perlada (*Pisces:Cichlidae*). *Revista Ciencia y Mar*. 4: 3-9
- Lund I., Dalsgaard J., Tolderhund H., Holm J., Jokumsen A. 2011. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*. 321: 259-266
- Masagounder K., Firman J.D., Hayward S.S., Brown P.B. 2008. Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. *Aquaculture Nutrition*. 15: 29-37.
- Mazón C. 2013. Caracterización bromatológica de la torta de palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq l.) procedente de los cantones de Quevedo y Santo Domingo (Ecuador) para su uso en la alimentación animal. Trabajo de Fin de Master de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España. P 35 – 40.
- Mauriquez H.J.A. 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En Control de calidad de insumos y dietas acuáticas. FAO. México. P. 67-72.
- Mendoza R. 1993 Métodos para evaluar la digestibilidad proteica de los alimentos destinados a los organismos acuáticos. Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentación para Acuicultura. p. 155-202.
- Meurer F., Hayashi C., Boscolo W.R. 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32: 1801-1809.
- Wing-Keong N., Hong-Aik L., Siew-Ling L., Che-Omar I. 2002. Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.) *Aquaculture Research*. 33: 1199-1207.

- Pereira-Filho M. 1995. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. Criando peixes na Amazônia. Adalberto Luiz Val e Alexandre Honczaryk. Manaus, INPA. 75-82.
- Pezzato L.E., Carvalho de Miranda E., Barros M.M., Quintero P.L.G., Furuya M.W., Pezzato A.C. 2002. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia. 31: 1595-1604.
- Revelo W. 2009. Aspectos biológicos y pesqueros de los principales peces del sistema hídrico de la provincia de Los Ríos, durante el 2009. Boletín Científico y Técnico. Volumen XX, Número 6.
- Saad C., Cheah C., kamaruddin M. 1994. Science and Technology. Cong. 15 – 18 august. Kuala, Lumpur. p 167 – 171.
- Tacón A. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Documento de campo No 4. FAO-Italia. [Disponible en línea] <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S00.htm#TOC>.
- Tusche K., Wuertz S., Susenbeth A., Shulz C. 2011. Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 319: 122-131
- Vásquez W., Yosa M., Hernández G., Gutiérrez M. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). Revista Colombiana Ciencias Pecuarias. 23: 207-216
- Vandenberg G.W., De La Noüe J. 2001. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. Aquaculture Nutrition. 7: 237-245.
- Vásquez W., Yosa M., Hernández G., Gutiérrez M. 2013. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 48: 920-927.
- Vergara V. 2015. Necesidades nutricionales de truchas y tilapias. Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina. P.p. 2-7.
- Wan M., Alimón A. 2005. Uso de la torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. Palmas. 26: 59-60.
- Wing K. 2005. Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. Palmas. 26: 79-83.



The REVISTA ECUATORIANA DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS is an open-access journal. Edited and published by the Facultad de Ciencias Agropecuarias of the Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Productive performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) fed palm meal based diets during the juvenile stage

Rendimiento productivo de la vieja colorada (*Mesoheros festae*) alimentada con dietas basadas en torta de palmiste durante la etapa juvenil

Edison Mazón Paredes^{1,*}, Marcelino Herrera Rodríguez^{2,5}, Marlene Mazón Paredes³, Antón García Martínez⁴, Carlos Mazón Paredes¹, José Luis Guzmán Guerrero⁵

Recibido: 20 de septiembre de 2020.

Aceptado: 04 de noviembre de 2020.

Publicado: diciembre de 2020.

¹ School of Zootechnical Engineering, Faculty of Livestock Sciences, Quevedo State Technical University, Avenida Quito Km 1 ½ vía a Santo Domingo, Quevedo, Los Ríos, 120501, Ecuador.

² IFAPA Centro Agua del Pino, El Rompido-Punta Umbría rd., Cartaya, Huelva, 21450, Spain.

³ Ecotourism Engineering School, Faculty of Life Sciences, Amazon State University, Calle Teniente Hugo Ortiz E45, Puyo, Pastaza, 160150, Ecuador.

⁴ Faculty of Veterinary Medicine, University of Córdoba, Plaza de Puerta Nueva, s/n, Córdoba, 14002, Spain.

⁵ Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, "Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario", "ceiAS", Campus de la Rabida, 21819 Palos de la Frontera, Huelva, Spain.

*Corresponding author:
Edison Mazón Paredes: e-mail: emazon@utaq.edu.ec

To quote as:
Mazón Paredes E., M. Herrera Rodríguez, M. Mazón Paredes, A. García Martínez, C. Mazón Paredes, J. L. Guzmán Guerrero. 2020. Productive performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) fed palm meal based diets during the juvenile stage. *Hidrobiológica* 30 (3): 251-258.

ABSTRACT

Background: The increasingly aquaculture development has favored the searching of new protein sources for fish feeding. **Goals:** 1) trying to present the first data on the culture of an important commercial species in Ecuador, 2) replacing the protein source for feeding in order to minimize the global problem of the fish-based meals in aquaculture. **Methods:** Guayas cichlid juvenile fish were submitted to four feeding treatments: 0%, 4%, 8% and 12% palm cake inclusion for 30 days. Several zootechnical indexes were calculated and analyzed at the end of the experimental culture, as well as the feed proximal composition. **Results:** The inclusion up to 8% palm cake did not affect the apparent digestibility of dry matter, crude protein or gross energy. No differences were found in final weight, growth rate, food conversion rate, protein efficiency rate, and protein productive value among 0, 4 and 8% palm meal content treatments. As the percentage of palm kernel meal in the diets was increased, the food conversion rate decreased, increasing palm meal in diets decreased costs. **Conclusions:** The productive performance was not affected by the palm cake replacement in diets up to 8% with palm meal and deriving in lower feed production costs.

Key Words: Apparent digestibility, experimental diets, juvenile stage, palm meal

RESUMEN

Antecedentes: La expansión de la acuicultura ha favorecido el estudio de fuentes de proteínas para la alimentación de peces. **Objetivos:** 1) tratar de presentar los primeros datos sobre el cultivo de una importante especie comercial en Ecuador, 2) reemplazar la fuente de proteína para la alimentación con el fin de minimizar el problema global de las comidas a base de harina de pescado en la acuicultura. **Métodos:** Juveniles de vieja colorada fueron sometidos a cuatro tratamientos de alimentación: 0%, 4%, 8% y 12% de inclusión por torta de palmiste durante 30 días. Se calcularon y analizaron varios índices zootécnicos al final del cultivo experimental, así como la composición proximal de las dietas experimentales. **Resultados:** La inclusión del 8% de torta de palmiste no afectó a los coeficientes de digestibilidad de materia seca, proteína cruda o energía bruta. No se encontraron diferencias en peso final, tasa de crecimiento, tasa de eficiencia de la proteína y valor productivo de la proteína entre los tratamientos de 0, 4 y 8% de contenido en torta de palmiste. Conforme creció el porcentaje de torta de palmiste en la dieta aumentó la tasa de conversión del alimento. El aumento de la torta de palmiste en las dietas redujo los costos. **Conclusiones:** El rendimiento productivo no se vio afectado por la sustitución de dietas incluyendo hasta un 8% por torta de palmiste, y derivando en menores costos de producción.

Palabras Clave: Dietas experimentales, digestibilidad aparente, fase juvenil, torta de palmiste

INTRODUCTION

The accelerated growth of aquaculture provides half of all the fish for human consumption that is sold in the world, and more than half of the value of fish exports comes from developing countries. However, this has required high quality and high-cost ingredients for fish feed making, which has limited the development of low-cost diets and hindered the sustainability of the industry (Bureau, 1996). In fish farming, feed exceeds 70% of production costs; it is the most sensitive item, and both technicians and producers should give it greater attention, given the constant changes in the aquaculture and technology market, which offers new alternatives in ingredients and additives that can be used advantageously in the different phases of the production process (Abimorad & Carneiro, 2004; Cavalheiro et al/2007). Fishmeal from wild fish remains the main source of protein for commercial aquaculture (Bureau, 1996), and fish meal from wild fish is still the main source of protein for farmed fish (El-Sayed, 1999). For this reason, the growth and sustainable production of aquaculture has sought to progressively reduce the use of fish meal (Francis et al, 2001), and is the main challenge for the industry (Pellegrin & Tyedmers, 2007).

Currently in Ecuador there is not a constant and adequate supply of high protein and high energy plant resources for preparing fish farming diets, highlighting the need to explore new alternative plant resources to replace high-cost conventional sources and evaluate their nutritional potential, such as palm meal (Meurer et al., 2003; Lund et al., 2011; Tusche et al., 2011), which is obtained through the processing of oil palm (*Elaeis guineensis*). The inclusion of palm meal as an alternative source of protein to replace fishmeal in aquaculture has received little investigation in tropical countries such as Ecuador. Some initial studies have reported that palm meal can be up to 30% of rations for catfish (*Clarias gariepinus*) and 20% for tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Saad et al., 1994).

According to Köprüoğlu & Özdemir (2005), it is known that feed seems to be an excellent source of nutrients based on its chemical composition, but it is also necessary that the food is tested *in vivo*, assessing the digestion and other nutritional processes in target species. In this sense, digestibility is one of the parameters used to measure the nutritional value of different food inputs (Anderson et al., 1995; Pezato et al., 2002; Gonçalves et al., 2003). It is defined as "the bioavailability of nutrients in feed and indicates the amount of an ingredient in the feed that is digested and absorbed by the body and not excreted in the feces" (De Souza et al., 2012). These authors pointed that it is not enough to have high levels of protein and energy in the food though they must also be digestible in order to be assimilated and thus utilized by the organism that consumes them.

Rodríguez et al. (2017) have reported on the breeding of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) in Ecuador, an autochthonous species which is of great interest due to its popularity and commercial value, exceeding that of tilapia and other native tropical freshwater species. It is a popular species in rural areas and is also marketed world-wide as an ornamental fish. However, few research studies exist on this species thus farming technologies need to be developed according to the characteristics and needs of this species along its different developmental stages and regions. It is also necessary to study and conserve this ichthyological resource that is characteristic of Ecuadorian lowland inland waters, which is increasingly threatened by overfishing, river pollution and replacement by foreign commercial species. However,

it is a carnivorous species (Stawikowski & Werner, 1998), hence its potential culture would be limited for that reason. In any case, to our knowledge no work has been published on its nutritional requirements, therefore this issue joint to the search of alternative protein sources for fish feeding in Ecuador is a high interest subject.

This study was carried out to extend the knowledge of palm cake as an animal feed ingredient and study the effect of palm cake-based diets on the performance of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) in the juvenile stage in the dry season.

MATERIAL AND METHODS

Location. This study was carried out at "El Peñón del Río" farm near Pambilar de Calope (Los Ríos, Ecuador), in canton Quinsaloma. The geographic coordinates are 1°12'19"S, 79°29'36"W, and the elevation is 75 meters above sea level. It is located in the tropical rainforest ecological zone, with an average annual ambient temperature of 25.47°C, average relative humidity of 85.84% and average annual rainfall of 2,223.85 mm. The study was carried out in July and August 2016 (dry season) over a 30-day period (Fig. 1).

Experimental design. Four isoproteic and isocaloric experimental diets, T0, T4, T8 and T12, were formulated with approximate percentages of palm kernel meal of 0, 4, 8 and 12%, respectively, based on the inputs and the amounts indicated in Table 1. The proximal composition of palm kernel cake (dry matter basis) is as follows: 98.42% of dry matter content, 18.37% of crude protein content, 9.87% of ether extract content, 23.29% of crude fiber content and the crude and metabolizable energy values found were 4.81 Mcal/kg DM and 1.81 Mcal/kg DM, respectively (Mazón et al., 2020). And the amino acid composition is: lysine (2.68%), methionine (1.76%), threonine (2.75%), tryptophan (1.1%). Essential amino acids (lysine, methionine, arginine, cysteine and tryptophan) were determined by Ultra-High Performance Liquid Chromatography (UHPLC) (Table 1). For preparing the diets, the manual of nutritional needs of Nile Tilapia by Torres-Novoa & Hurtado et al. (2012), University of The Llanos, Colombia, was used. Experimental diets were extruded using a low-density system which resulted in a granulated appearance. Experimental foods were analyzed for proximal composition, according to the Association of Analytical Communities methodologies (AOAC, 2015). Briefly, the gross energy was determined through a Parr Instruments 121AE adiabatic calorimetric pump, and gross protein by means of the Kjeldahl method (% N x 6.25). Lipid content was measured by solvent extraction with a soxhlet apparatus, and ash by incineration at 550°C by 6 h. Crude fiber was determined after acid digestion and burning. The Ca and P contents were analyzed through the permanganate and molybdate reactions, respectively. Dry matter (DM) was calculated by kiln drying at 105°C by 24 h. A completely randomized design was used, with four treatments (4 diets having a different percentage of palm kernel meal), four replicates (4 cages) per treatment and 25 fish per cage. Data collection was performed for 30 days.

Fish management. Four hundred *Mesoheros festae* juveniles with an initial weight of 10.8 ± 0.5 g were used (mean ± SE), at 25 fish per cage (0.270 kg m⁻³). There were 16 experimental cages of 1 x 1 x 1 m, covered with 6 x 8 cm extruded plastic mesh, and immersed in a 30 x 20 x 0.8 m container tank. An electric scale of 5 kg maximum weight (± 1 g precision) was used to record biometric data, and the experimental diets were supplied through spring tube feeders (30 x 150 cm). The

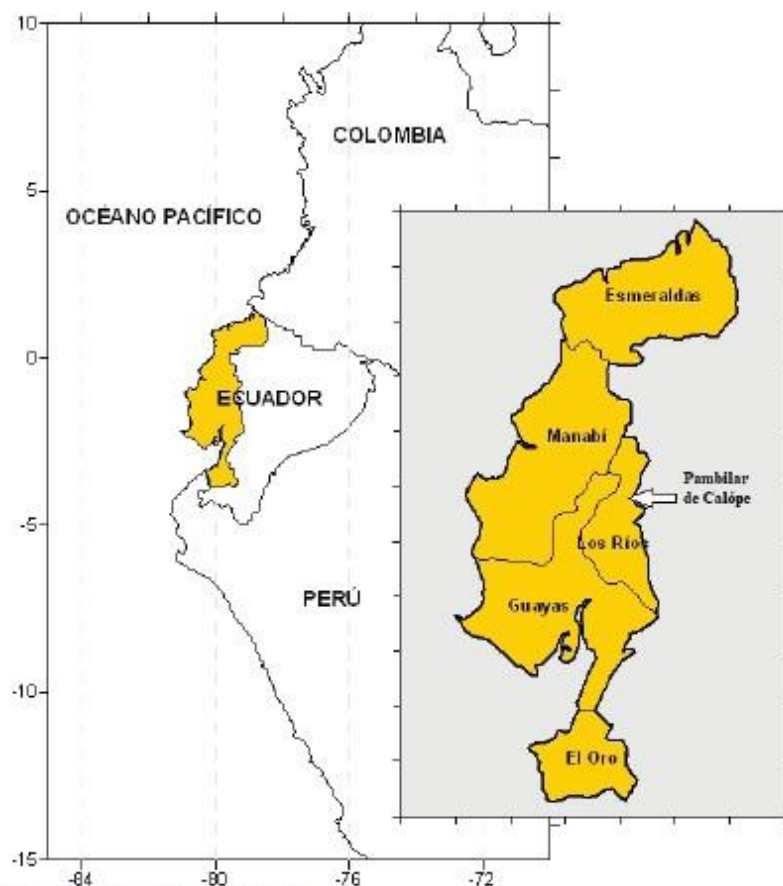


Figure 1. Location of the experimental area in the canton Quinsaloma

pond did not have aeration equipment because it was supplied by a constant 15 L min⁻¹ flow of highly oxygenated, double filtered water from a 0.25 ha reservoir.

The water temperature was $19.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$. The dissolved oxygen content of the water in the container tank was maintained at 10 ± 1 mg L⁻¹ and the pH was 6.7 ± 0.5 . Nitrogenated wastes (unconsumed food and excreted organic matter) were removed daily using a Monge drainage system. The fish had seven days to adapt to the experimental cages before the start of the experiment and were fed extruded food with a high protein content to accustom them to concentrated feed. The experimental diets were offered *ad libitum* four times a day (08:15, 11:15, 13:15 and 15:15 hours) for 30 days. As prophylactic measure, the fish were also treated with a solution of methylene blue (0.8 g L⁻¹) after each sampling for preventing *Ichthyophthirius* fungus and pathogenic bacteria. After each sampling, a solution of methylene blue diluted in water was used to prevent contamination by fungi and bacteria.

Determination of biological parameters. After the experimental period (30 days feeding experimental diets), fish were transferred to metabolic aquariums for the collection of feces, where they remained for a one day fasting period. The direct method of total feces collection based on the modified Guelph system (Satoh *et al.*, 1992) was used for a period of 24 hours, with frequent collections every four hours to avoid degradation and loss of nutrients due to leaching in the water. Feces were dried and stored at 4°C until analysis. The metabolic aquariums were cleaned after each feces collection to avoid contamination in each of the treatments. This method used a cylindrical tank with a conical bottom (metabolic aquarium of 200 L), with a continuous supply of water and oxygen at the top and a feces collection tube at the bottom (Henry-Silva *et al.*, 2006). Subsequently, a bromatological analysis was carried out on the feces collected and on samples of the experimental diets used in the investigation. The feces were analyzed to determine their proximal composition according to methodologies indicated above (feed analysis).

Table 1. Ingredients and proximal composition of experimental diets with palm meal used for the juvenile phase of *Mesoheros festae*.

Ingredients (%) ¹	Experimental diets (%)				Request ⁶
	0	4	8	12	
Corn	2.40	2.00	1.90	0.00	
Wheat bran	4.00	2.00	0.00	0.00	
Rice flour	5.90	4.00	1.90	0.00	
Soybean cake	43.00	44.00	44.00	44.30	
Fishmeal	44.00	42.00	40.00	38.00	
Soybean oil	0.00	1.30	3.50	5.00	
Palm cake	0.00	4.00	8.00	12.00	
Salt	0.10	0.10	0.10	0.10	
Antifungal ²	0.05	0.05	0.05	0.05	
Methionine	0.20	0.20	0.20	0.20	
Antioxidant ³	0.05	0.05	0.05	0.05	
Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	
Pre-mix ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	
Enzyme ⁵	0.10	0.10	0.10	0.10	
Proximal composition (%)					
Digestible dietary energy (Kcal Kg ⁻¹)	2.76	2.7	2.71	2.66	2.75
Total protein	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Fiber	3.80	4.30	4.70	5.40	---
Calcium	2.01	2.02	2.06	1.98	1.00
Phosphorus ⁷	1.60	1.60	1.60	1.50	0.0
Arginine	2.27	2.26	2.31	2.35	1.79
Lysine	2.44	2.39	2.39	2.36	0.94
Met + Cys	1.24	1.22	1.21	1.20	0.35
Tryptophan	0.43	0.42	0.42	0.41	0.30

¹ Air dried food; ² Mollejosanitin; ³ Endox; ⁴ Rovimix Pre-mix: Vitamin A, D3, K, E, B1, B2, B6, Nicotinic Acid, Calcium Pantothenate, Biotin, Folic Acid, Choline, Inositol and Vitamin C; ⁵ Awizyme 1502 (600 U g⁻¹ endo-1,4 beta xylanase EC 3,2,1,8; 8000 U g⁻¹ subtilisin - protease- EC 3,4,21,62; 800 U g⁻¹ alpha amylase EC 3,2,1,1.); ⁶ Torres-Novoa [18]; ⁷ Total phosphorus in the diet.

The performance of the Guayas cichlids was evaluated by measuring and using the following zootechnical parameters (Aguirre, 2015; Teixeira et al., 2010):

Food conversion rate (FC):

$$FC = \text{Amount of food provided (g)} / \text{Weight gain of the fish (g)}$$

Weight increase (WI):

$$WI = (\text{final weight} - \text{initial weight})$$

Relative weight increase (RWI):

$$RWI (\%) = 100 \times (\text{final weight} - \text{initial weight}) / (\text{initial weight})$$

Growth rate (GR):

$$GR (\%) = 100 \times (\text{final weight} - \text{initial weight}) / \text{time period}$$

Specific growth rate (SGR):

$$SGR (\%/day) = 100 \times (\ln (\text{final weight}) - \ln (\text{initial weight})) / \text{time period}$$

The net feed consumption (NFC):

$$NFC = \text{Weight of food consumed (g)} - \text{Weight of waste (g)}$$

Digestibility coefficient:

$$\text{Digestibility (\%)} = 100 \times (\text{nutrient intake} - \text{nutrient in feces}) / \text{nutrient intake}$$

Protein efficiency rate (PER):

$$PER = W/Protein\ intake$$

Productive value of the protein (PPV):

$$PPV = Protein\ retained / protein\ intake$$

The mortality rate (MR) of *Mesoheros festae* was recorded over 30 days in each experimental unit according to the following formula: MR (%) = 100 x (dead fish/initial fish).

The cost of each feeding treatment (\$ Kg⁻¹) was calculated taking into account the unit value per kilogram of the inputs, products and by-products that were used in each of the experimental diets, multiplied by the amount of the ingredient used. The cost per fish weight gain (\$ Kg⁻¹) was also calculated (FC x feeding cost). The fixed costs and the variable costs of the treatments were not taken into account.

Statistical analysis. Firstly, the normality and homoscedasticity of the data groups were checked through the Kolmogorov-Smirnov and Levene tests, respectively. All the zootechnical parameters were analyzed through an ANOVA test using the General Linear Model (GLM) of the Statistical Analysis System Software statistical package (Workflow Studio 1.3) System for Windows 11, Copyright 2016 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. The model considered the percentage of palm kernel meal as factor with four levels (0%, 4%, 8% and 12%). As post-hoc test, the Tukey test was used to detect significantly homogeneous groups ($p=0.05$). Values are expressed as mean \pm standard error of the mean (SE).

RESULTS

Digestibility of experimental diets. The apparent digestibility of dry matter, digestibility of crude protein and digestibility of gross energy are shown in Table 2. When comparing the control diet (0%) with diets containing 4% and 8% palm kernel meal, no significant differences were found in the apparent digestibility coefficients, though significant differences were found between 0, 4 and 8% treatments and the treatment containing 12% palm kernel meal. Moreover, it can be seen that this last treatment had the lowest digestibility coefficient compared with the other treatments. No significant differences were found in the apparent

digestibility coefficients between the control diet (0%) and diets containing 4% and 8% palm kernel meal, however the lowest value was obtained with the diet containing the highest percentage (12%).

Productive performance. The productive performance of Guayas cichlid fed different isoproteic and isocaloric diets of palm kernel meal is shown in Table 3.

No significant differences were found FW, GR, SGR, PER, and PPV between the control diets (0%) and the diets with 4 and 8% palm kernel meal, although the lowest value was obtained for the diet containing the highest percentage (12%). Similarly, no significant differences were found for FC values among the control diets (0%) and the diets with 4 and 8% palm kernel meal. However, the lowest value of FC was obtained for the diet containing the highest percentage (12%).

No significant differences were found the end of the experimental period in the RWI of *Mesoheros festae* for diets with 4 and 8% palm kernel meal. The control diet (0%) showed the best results and the diet with the highest percentage (12%) showed the poorest results. Regarding feeding costs, the cost per kilogram of the diet prepared with the highest soybean cake content (0% palm kernel meal) was the highest. As the soybean cake in the diet was replaced by palm kernel meal (4%, 8%, and 12% palm kernel meal), the cost was reduced. However, the values for feed cost per fish weight gain were 1.3, 1.29, 1.26, and 1.5 USD Kg⁻¹ for 0, 4, 8, and 12% diets, respectively. The mortality for the different treatments was less than 5% (Table 3).

DISCUSSION

In general, the results of our research agree with the data of Amaya *et al.* (2003), who used fish diets in the development stage of red tilapia that included up to 8% palm kernel meal, without affecting the fish yield, suggesting that higher levels could be used. Also, Vasquez *et al.* (2013) with hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.) and Vasquez *et al.* (2013), with cachama (*Piaractus brachipomus*) did not find negative effects in the productive parameters using up to 8% palm kernel meal, as well as Bermudez *et al.* (2012) using 7% in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). However, the worst results in the performance parameters of *Mesoheros festae* involved the diet of 12% palm kernel meal.

Table 2. Apparent digestibility coefficients, dry matter (DMD), crude protein (GPD) and gross energy (GED), in *Mesoheros festae* juveniles fed diets with palm meal.

Variable (%) [†]	Experimental diets (%)			
	0	4	8	12
DMD	57.7 \pm 1.26 a	57.8 \pm 1.26 a	57.7 \pm 1.26 a	55.2 \pm 1.26 b
GPD	82.8 \pm 1.74 a	82.7 \pm 1.74 a	82.8 \pm 1.74 a	78.3 \pm 1.74 b
GED	74.9 \pm 1.18 a	74.9 \pm 1.18 a	74.9 \pm 1.18 a	72.5 \pm 1.18 b

^{**}Averages on the same line that have different letters differ statistically according to the Tukey test ($p < 0.05$)

[†] Mean (\pm SE) of 4 replicates per treatment

Table 3. Effect of diets having different percentages of palm meal on the productive performance indices of *Mesoheros festae* juveniles.

Variable [‡]	Experimental diets (%)			
	0	4	8	12
Final weight (g)	14.86 ± 3.82 a	14.88 ± 3.82 a	14.90 ± 3.82 a	12.50 ± 3.82 b
Weight increase (g)	4.86 ± 3.82 a	4.88 ± 3.82 a	4.90 ± 3.82 a	2.50 ± 3.82 b
Relative weight increase (%)	52.50 ± 48.3 a	49.90 ± 48.3 b	50.30 ± 48.3 b	24.90 ± 48.3 c
Growth rate (%)	16.22 ± 12.8 a	16.29 ± 12.8 a	16.36 ± 12.8 a	8.35 ± 12.8 b
Specific growth rate (%)	1.31 ± 0.83 a	1.32 ± 0.83 a	1.33 ± 0.83 a	0.74 ± 0.83 b
Food consumption (g)	19.60 ± 0.01 a	19.60 ± 0.01 a	19.50 ± 0.01 b	19.40 ± 0.01 c
Feed conversion rate	1.31 ± 0.42 b	1.32 ± 0.42 b	1.31 ± 0.42 b	1.55 ± 0.42 a
Protein Efficiency Rate	0.125 ± 0.11 a	0.126 ± 0.11 a	0.127 ± 0.11 a	0.065 ± 0.11 b
Productive Value of Protein	0.584 ± 0.15 a	0.585 ± 0.15 a	0.581 ± 0.15 a	0.490 ± 0.15 b
Food cost (\$ Kg ⁻¹)	0.994 ± 0.00 a	0.981 ± 0.01 b	0.963 ± 0.00 c	0.969 ± 0.00 c
Fish weight cost (\$ Kg ⁻¹)	1.3 ± 0.41 a	1.29 ± 0.41 a	1.26 ± 0.41 a	1.5 ± 0.41 b
Mortality (%)	4	3	2	3

**Averages on the same line that have different letters differ statistically according to the Tukey test ($p < 0.05$)

‡ They correspond to the average (\pm SE) of 25 fish housed in a cage (Experimental Unit) with four replications per trial

The apparent digestibility coefficients achieved in our investigation agree in general with those described for other freshwater fish species. Concretely, similar digestibility of dry matter, digestibility of gross protein and digestibility of gross energy values have been reported by Vasquez *et al.* (2013) using a diet of 8% palm kernel meal in hybrid red tilapia (*Oreochromis* sp.) and cachama (*Piaractus brachyomus*), and Bermudez *et al.* (2012) using a diet of 7% in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

The results obtained for protein efficiency coefficients and productive value of protein in this study are relatively low compared to results obtained by Bermudez *et al.* (2012) in red tilapia (*Oreochromis* sp.), Yudy *et al.* (2004) in yamú (*Brycon siebenthalae*), De Souza *et al.* (2012) in Gulf Corvina (*Cynoscion othonopterus*) and Aguirre (2015) in sabaleta (*Brycon henni*). These differences may be due to the fact that *Mesoheros festae* has different feeding habits from those of other commercial species used in previous works. With the increase in the partial substitution of fishmeal by palm meal, there was no decrease in protein efficiency rates in the productive value of protein and the protein efficiency rate up to 8%, this was possibly due to a low-quality protein mixture of that feed formulation, so a low bioavailability of the protein derived in a poor degradation (Martínez & Muñoz, 2006), regardless the amount of protein available in the food (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010). Similar effects were reported by Yudy *et al.* (2004), by a mixture of low-quality protein with a good quality in the formulation of the food supplied.

In addition, when fishmeal was replaced by palm kernel meal, lower significant growth was observed in fish feed 12% palm kernel meal. In this sense, Saad *et al.* (1994), reported that palm meal can be up to 30% of the diet for feeding catfish (*Clarias gariepinus*) and 20% for tilapia without negative effects on development or yield, much higher levels than in our work. With similar results for those species,

Wan & Alimon (2005) and Wing (2005) found satisfactory results up to a level of 20%. The yield did not change when cachama (*Piaractus brachyomus*) were fed this alternative source of protein with 7% palm kernel cake (Vásquez *et al.*, 2013).

As many ingredients based on vegetable protein and oilseed lipids, there are several factors that can limit the inclusion of palm kernel meal in fish diets. These include its relatively low protein content, possible amino acid deficiency (see composition in Material and Methods section) and antinutritional factors (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010). Although, in experimental diets with different levels of palm kernel cake, an export fishmeal containing 59% raw protein (in dry matter), which may have provided adequate levels of amino acids, was used, despite that is synthetic methionine supplement and a premix of vitamins and minerals.

Several authors have states that the low digestibility of the palm kernel cake is normally attributed to high levels of non-starch polysaccharides (NSP) or cell wall composition (Dusterhoff & Voragen, 1991; Wing, 2005), so that deficiency of amino acids does not appear to be the cause of the poorest yields obtained with the diet containing the highest percentage (12%). Wing (2005) indicates that those antinutritional factors reduce the digestibility and uptake of the nutrients in palm kernel meal, either by direct encapsulation of the nutrients or by increasing the viscosity of intestinal contents, thus reducing the rate of hydrolysis and absorption of nutrients in the feed. The high fiber content and the inadequacy of the added enzymatic complex could also explain the poor digestibility of high palm cake content diets.

Furthermore, it is known that the addition of proteolytic, fibrolytic or carbohydrate degrading enzymes to palm kernel cake diets has great potential for releasing unavailable nutrients and energy, hence an enzyme complex was used in the experimental diet (Avizyme 1502). Ng *et al.* (2002), in studies carried out with tilapia fed palm kernel meal

pre-treated with enzymes for commercial feed, consistently showed higher growth and feed utilization efficiency compared to fish fed similar levels of raw palm kernel meal.

Regarding feed consumption, diets with higher fishmeal content were more attractive and better accepted by fish than diets formulated with increasing percentages of palm cake, possibly due to odorous substances brought by fishmeal. Similar data were reported by Shapawi *et al.* (2007) for humpback grouper (*Cromileptes altivelis*) and De Souza *et al.* (2012), for Gulf corvina (*Cynoscion atnonopterus*). However, feed conversion was less efficient when the percentage of palm kernel meal was increased, which is consistent with the results obtained by Amaya *et al.* (2003), although the feed conversion enhanced in red tilapia fingerlings. Also, Vasquez *et al.* (2013) found positive effects on feed conversion using palm meal as a plant protein source up to 8% with red tilapia juveniles.

Therefore, overall, it seems that the partial substitution by palm cake can reach the 8% with no effects on the most of performance indexes. These are the first results on the on growing of the Guayas cichlid (*Mesoheros festae*) and provide specific zootechnical data for its potential culture. From the digestibility tests carried out, it is concluded that the inclusion of up to 8% palm cake meal in diets for feeding *Mesoheros festae* during juvenile stage did not affect the digestibility of protein or energy, and related parameters. Therefore, the inclusion of up to 8% palm kernel meal in the diets of *Mesoheros festae* during on growing would not affect the yield of this species.

Future research should focus on the study of new formulations in order to explore the elimination of antinutritional factors in this food, and to increase the palm kernel meal content.

ACKNOWLEDGEMENTS

The contract for this research had economic support by the Graduate Department of the State Technical University of Quevedo, Ecuador. Edison Mazón's doctoral student contract is supported by Fourth Notary of the canton Quevedo Los Rios Ecuador. M. Herrera's contract is supported by INIA-FSE.

REFERENCES

- ABDEL-TAWAB, M., M. AHMAD, Y. KHATTAB & A. SHALABY. 2010. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 298 (3): 267-274.
- ABIMORAD, E. & D. J. CARNEIRO. 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus*. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33 (5): 1101-1109.
- AGUIRRE, M. 2015. Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de Sabaleta (*Brycon henni*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 2 (1): 68-69.
- AMAYA, E., G. AFANADOR, L. QUINTERO & W. BONILLA. 2003. Valor nutricional de la torta de palmiste en dietas prácticas para alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* spp): I Congreso Nacional de Investigaciones Acuicolas. Bogotá, 9-10 pp.
- ANDERSON, J. S., S. P. LALL, D. M. ANDERSON & M. A. McNIEN. 1995. Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 138 (1): 291-301.
- AOAC INTERNATIONAL. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland. 58 p.
- BERMÚDEZ, A., A. P. MUÑOZ & G. WILLS. 2012. Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en estanques de tierra. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia* 59 (3): 165-175.
- BUREAU, D. P. 1996. Nutritional value of rendered animal protein ingredients for salmonids in the 90'S: The Canadian Feed Industry Association and Eastern Nutrition Conference. Dartmouth. 239-246 pp.
- CAVALHEIRO, O. J., O. E. DE SOUZA & B. P. SINGH. 2007. Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology* 98 (1): 602-606.
- DE SOUZA, A. P., L. G. TAVARES, J. S. OLIVEIRA & S. J. RIBEIRO. 2012. Digestibility of agro-industrial byproducts in 200 and 300-g Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41 (2): 462-466.
- DUSTERHOFT, E. M. & A. G. VORAGEN. 1991. Non-starch and polysaccharides from sunflower (*Helianthus annuus*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal - preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. *Journal Science Food Agriculture* 55 (1): 41-42.
- EL-SAYED, A. M. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis* spp. *Aquaculture* 179 (1): 149-168.
- Fontalhas, A., E. Gomes & M. A. Reis. 1999. Coimbra J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture International* 7 (1): 57-67.
- Francis, G., H. Makkar & K. Becker. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199 (3): 197-227.
- GLENCROSS, B., J. CURNOW & W. HAWKINS. 2006. Evaluation of the variability in chemical composition and digestibility of different lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel meals when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Feed Science and Technology* 107 (1): 117-128.
- GONÇALVES, G. E. & D. J. CARNEIRO. 2003. Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (4): 779-786.
- HENRY-SILVA, G., A. CAMARGO & M. PEZZATO. 2006. Eficiencia de los macrofitos acuáticos para tratar los efluentes de los estanques de tilapia del Nilo. *Scientia Agricola* 63 (5): 1-10.
- KOPRİÇİ, K. & Y. ÖZDEMİR. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250 (3): 308-316.
- LM, H. A., W. K. NG, S. L. LM & C. O. ISRAHIM. 2001. Contamination of palm meal with *Aspergillus flavus* affects its nutritive values in

- pelleted feed for tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture Research* 32 (1): 895-905.
- LUND, I., J. DALSGAARD, H. TOLDERLUND, J. HOLM & A. JOKUMSEN. 2011. Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture* 321 (1): 259-266.
- MARTINEZ, O. & V. MUÑOZ. 2006. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria* 21 (2): 1-19.
- MAZÓN PAREDES, E., HERRERA RODRÍGUEZ, M., MAZÓN PAREDES, C., GARCÍA MARTÍNEZ, A., DELGADO PERTÍÑEZ, M., GUZMÁN GUERRERO, J. L. 2020. Bromatological Composition of Palm Kernel Meal According to its Origin and Production Periods Potential Use of Palm Kernel Meal in Animal Feed. *Journal of Oil Palm Research* 32 (4).
- MEURER, F., C. HAYASHI & W. R. BOSCOLO. 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (1): 1801-1809.
- NG, W. K. 2005. Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Aquaculture Feeds* 26 (3): 79-83.
- NG, W. K., H. A. LIM, S. L. LIM & C. O. IBRAHIM. 2002. Nutritive value of palm meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture Research* 33 (1): 1199-1207.
- PELLETIER, N. & P. TYEDMERS. 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better. *Aquaculture* 272 (1): 399-416.
- PEZZATO, L. E., E. CARVALHO DE MIRANDA, M. M. BARRIOS, P. L. G. QUINTERO, W. M. FURIYA & A. C. PEZZATO. 2002. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 31 (1): 1595-1604.
- RODRÍGUEZ, J., M. GONZÁLEZ, A. MOYA, M. GALLEGOS, J. C. GÓMEZ, E. ANSON & C. BARBA. 2017. Efecto de la densidad de cría sobre el crecimiento del *Cichlasoma festae* en condiciones controladas de confinamiento durante su etapa juvenil. *Revista de Investigación Talentos* 4 (1): 2631-2476.
- SAAD, C., C. CHEAH & M. KAMARUDDIN. 1994. Suitability of using palm kernel cake, (PKC) in catfish practical diet: Science and Technology Congress. Kuala Lumpur. 67-171 pp.
- SATOH, S., C. Y. CHO & T. WATANABE. 1992. Effect of Fecal Retrieval Timing on Digestibility of Nutrients in Rainbow Trout Diet with the Guelph and TUF Feces Collection Systems. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58 (6): 1123-1127.
- SHAPAWI, R., W. K. NG & S. MUSTAFA. 2007. Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture* 273 (1): 118-126.
- STAWIKOWSKI, R. & U. WERNER. 1998. Die Buntbarsche Amerikas, Band 1. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 540 p.
- STEEL, R. G. & J. H. TORRIE. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Bogotá. McGraw Hill. 95 p.
- TEIXEIRA, E., E. OLIVEIRA, A. CASTRO, P. CARVALHO, D. VEIRA & L. P. RIBEIRO. 2010. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39 (6): 1180-1185.
- TORRES-NOVIA, D. & V. HURTADO. 2012. Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia* 16 (1): 63-68.
- TURKER, A. M., S. YIGIT, B. ERGUN, B. KARAAALI & A. ERTEKEN. 2005. Potential of Poultry by-product meal as a substitute for fishmeal in diets for Black Sea Turbot *Scophthalmus maeoticus*: Growth and nutrient utilization in winter. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 57 (1): 49-61.
- TUSCHE, K., S. WUERTZ, A. SUSENBETH & C. SHULZ. 2011. Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth. *Aquaculture* 319 (1): 122-131.
- VÁSQUEZ, W., M. YOSA, G. HERNÁNDEZ & M. GUTIÉRREZ. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23 (2): 14-16.
- VÁSQUEZ, W., M. YOSA, G. HERNÁNDEZ & M. GUTIÉRREZ. 2013. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48 (8): 920-927.
- WAN, M. Z. & A. R. ALIMON. 2005. Uso de la torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. *Revista Palmas* 26 (1): 57-64.
- WINS, K. 2005. Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Revista Palmas* 26 (3): 79-83.

DEPÓSITO LEGAL ppi 201502ZU4666
*Esta publicación científica en formato digital
es continuidad de la revista impresa*
ISSN 0041-8811
DEPÓSITO LEGAL pp 76-654

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro
Ingeniería
y Tecnología

Año 08 N° 20
Enero - Abril 2017
Tercera Época
Maracaibo-Venezuela

Rendimiento productivo de la especie nativa vieja colorada (*cichlasoma festae*) en la etapa de engorde alimentada con dietas a base de torta de palmiste

Edison Mazón*

Antón García**

José Luis Guzmán***

Carlos Mazón*

Marcelino Herrera****

RESUMEN

El Ecuador posee recursos hídricos y pesqueros, siendo la piscicultura una fuente de alimentos de rápido crecimiento y gran demanda. Los objetivos fueron: calcular Incremento Peso (IP), Incremento Peso Relativo (IPR), Tasa Crecimiento (TC), Tasa Crecimiento Incremental (TCI), Conversión Alimenticia (CA), costos y mortalidad del pez en la etapa de engorde. Valorar la digestibilidad aparente de Madera Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Energía Bruta (EB), Índice Eficiencia Proteica (PER) y Valor Productivo Proteína (PPV). Los peces fueron alimentados

*Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, emazon@uteq.edu.ec

**Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba, España.

***Facultad de Veterinaria de la Universidad de Huelva, España.

****Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera IFAPA, Cartaya, España.

RECIBIDO: 08-12-2016 /// ACEPTADO: 26-01-2017

con cuatro dietas (0, 4, 8 y 12 % de palmiste), por un periodo de 30 días, se alojaron en 16 jaulas en un estanque. No hubo diferencias ($p < 0,05$) entre las dietas con 0, 4 y 8% de palmiste, en el Peso Final, Incremento Peso, Incremento Peso Relativo, Tasa Crecimiento y Tasa Crecimiento Incremental. Con el incremento del palmiste el costo de la dieta disminuyó. La inclusión del palmiste hasta el 8% no afectó la digestibilidad de la proteína, energía y la eficiencia de la proteína.

PALABRAS CLAVE: torta de palmiste; digestibilidad aparente; etapa de engorde; dietas experimentales.

Productive performance of the nativa in guayas cichlids species (cichlasoma festae) in the feeding stage feeded with palmiste cake-based diets

ABSTRACT

Ecuador has water and fisheries resources, being fish farming a source of fast growing food and high demand. The objectives were to calculate Weight Increase, Relative Weight Increase, Growth Rate, Incremental Growth Rate, Food Conversion, costs and fish mortality in the fattening stage. To assess the apparent digestibility of Madera Seca, Crude Protein, Gross Energy, Protein Efficiency Index and Protein Productive Value. Fishes were fed with four diets (0, 4, 8 and 12% palm kernel), for a 30 days period. They were placed in 16 cages in a pond. There were no differences ($p < 0.05$) between the diets with 0, 4 and 8% of the palm kernel, in the Final Weight, Weight Increase, Relative Weight Increase, Growth Rate and Incremental Growth Rate. The cost of the diet decreased with the increase in the palm kernel. The inclusion of the palm kernel until 8% did not affect the protein digestibility, energy and the efficiency of the protein.

KEYWORDS: palm kernel cake; apparent digestibility; fattening stage; experimental diets.

Introducción

La producción pesquera mundial ha aumentado de forma constante en las últimas cinco décadas y también el suministro de peces comestibles se ha incrementado a una tasa media anual del 3,2 %, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1,6 % (FAO, 2014). Sin embargo, ésta requiere de la utilización de ingredientes de alta calidad y de altos costos en las dietas, lo que ha limitado la elaboración de dietas de bajo costo y dificulta la sustentabilidad de la industria (Bureau, 2006).

La alimentación en piscicultura excede el 70% de los costos de producción, es el rubro más sensible, que tanto el técnico como el productor deben observar con mayor atención; debido a los permanentes cambios que experimenta el mercado acuícola y tecnológico, ofreciendo nuevas alternativas en ingredientes y aditivos, que pueden ser utilizados con ventaja económica en las diferentes fases del proceso productivo (Pereira-Filho, 1995; Abimorad & Carneiro, 2004; Cavalheiro *et al.* 2007).

Actualmente en Ecuador no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos vegetales de alto valor proteico y energético para ser incluidos en la formulación de dietas para piscicultura. Por tanto, se acentúa la necesidad de explorar en recursos vegetales alternativos como sustitutos de fuentes convencionales y en la evaluación de su potencial alimenticio, como es el caso de la torta de palmiste (Meurer *et al.* 2003; Lund *et al.* 2011; Tusche *et al.* 2011).

La calidad de los alimentos acuícolas no solo viene determinada por su composición química sino también por la cantidad de los nutrientes que los organismos pueden digerir, absorber y utilizar para sus procesos metabólicos y crecer adecuadamente. La digestibilidad es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a la alimentación (Manríquez, 1994; De Silva y Anderson, 1995; Pezzato *et al.*, 2002; Goncalves y Carneiro, 2003) y se define como la biodisponibilidad de los nutrientes en los alimentos e indica la cantidad de un ingrediente en el alimento que es digerido y absorbido por el organismo y no es excretado en las heces (Madrid, 2014). Porque no basta que la proteína y energía se encuentren en altos porcentajes en el alimento sino que deben ser digeribles para que puedan ser asimilados y por consecuencia aprovechados por el organismo que los ingiere.

El desarrollo de dietas de alta calidad nutricional, bajo impacto ambiental y económicamente rentables para el piscicultor, son una necesidad apremiante de la industria de los alimentos balanceados para peces, especialmente para uso en sistemas de producción intensivos. Raciones con estas características son posibles cuando se formulan con ingredientes de alto valor nutricional (Glencross *et al.*, 2007) y utilizando la información sobre digestibilidad de ingredientes determinada para cada especie en particular (Köprücü *et al.*, 2005).

Se podrá conocer y conservar un recurso ictiológico de aguas continentales propio del litoral ecuatoriano, que cada vez está más amenazado por la pesca indiscriminada, contaminación de ríos y reemplazo por otras especies comerciales extranjeras.

En Ecuador existe gran importancia la cría y engorde de la vieja colorada debido a su alto consumo y valor comercial que supera al de la tilapia y al de otras especies nativas de agua dulce tropical. Además, existen pocos estudios por lo que se requiere desarrollar tecnologías de cultivo basadas en las características y necesidades propias de cada especie en sus distintas etapas de desarrollo y en las diferentes regiones.

El alto costo de los productos energéticos tradicionales, utilizados para la alimentación animal, ha obligado a la búsqueda de nuevos productos y a la evaluación de su potencial alimenticio. Uno de estos cultivos es la palma (*Elaeis guineensis* Jacq. 1763 L.), a partir de su industrialización se obtiene la torta de palmiste. Y, porque la investigación sobre el uso de la torta de palmiste en acuicultura en países tropicales como el Ecuador es muy limitada.

Por ello, con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la torta de palmiste y sus usos en alimentación animal, se evaluó el efecto de dietas a base de torta de palmiste sobre el desempeño productivo de la especie nativa vieja colorada (*Cichlasoma festae*) en la etapa de engorde durante el verano.

1. Materiales y métodos

1.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca “El Peñón del Río”, de la zona de Pambilar de Calope (Los Ríos, Ecuador), perteneciente al cantón Quinsaloma, cuya ubicación geográfica son 1° 12' 19" S, 79° 29' 36" O, a una altura de 75 m.s.n.m. Se sitúa en una zona ecológica de bosque húmedo tropical, temperatura ambiental media anual de 25,47 °C, humedad relativa promedio de 85,84% y una precipitación medio anual de 2223,85mm. Esta investigación se realizó en el periodo comprendido entre los meses de octubre y noviembre del 2016 (época seca), con una duración de 30 días.

1.2. Manejo de los peces

Se utilizaron 400 peces de vieja colorada con un peso inicial de 44,2 ± 1,5 g, con una densidad de carga de 25 peces por jaula (1,105 kg/m³).

Se emplearon 16 jaulas experimentales de 1 m largo x 1 m ancho x 1 m de altura, cubiertas de una malla de plástico extruido de 6 x 8 cm, un estanque de agua de 30 x 20 m y 0,8 m de profundidad. Para la biometría de los peces se usaron una balanza eléctrica de 5 kg de capacidad con una pesada mínima de 1 g y un muelle, de 30 x 1,5 m, para el suministro de las dietas experimentales. El estanque no contaba con equipamiento de aireadores debido a que estaba abastecido por un flujo continuo de agua altamente oxigenada de 15 l/min y doblemente filtrada, la cual provenía de una represa de agua de 0,25 Ha de superficie. La temperatura del agua fue de $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El oxígeno disuelto en el agua de los estanques se mantuvo en 11 ± 1 mg/l y el pH en $6,5 \pm 0,5$. Los desechos nitrogenados (alimento no ingerido y materia orgánica de excreción) fueron retirados diariamente por un sistema de desagüe tipo monge.

Los peces tuvieron un período de adaptación a las jaulas experimentales de siete días antes del inicio del experimento y fueron alimentados con alimento extruido con un alto contenido de proteína para que se acostumbraran al consumo de alimento concentrado. Se formularon cuatro dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%) que fueron formuladas por el método de aproximación y error para representar las dietas isoproteicas e isocalóricas, utilizando los insumos y las cantidades indicadas en la Tabla 1. La dieta experimental se ofreció *ad libitum* cuatro veces por día (08:00, 11:00, 13:00 y 15:00 horas) durante 30 días.

Además, como medida profiláctica, los peces fueron tratados con una solución de azul de metileno (5g/10 l cada 30 días), para evitar la presencia del hongo *Ichthyophthirius* y bacterias patógenas. Asimismo, después de cada muestreo se empleó una solución de azul de metileno diluido en el agua para evitar la contaminación de hongos y bacterias.

El alto costo de los productos energéticos tradicionales, utilizados para la alimentación animal, ha obligado a la búsqueda de nuevos productos y a la evaluación de su potencial alimenticio. Uno de estos cultivos es la palma (*Elaeis guineensis* Jacq 1763 L.), a partir de su industrialización se obtiene la torta de palmiste.

La formulación de las dietas se realizó tomando en consideración el reemplazo progresivo de los insumos marinos tradicionales que tienen un alto costo y que son utilizados en la alimentación de los peces por productos vegetales de bajo costo como es el caso de la torta de palmiste, obtenido luego de la industrialización de la palma aceitera sin que se afecten los parámetros productivos. También se buscó reducir el uso de antibióticos y antiparasitarios, buscando la posibilidad de dar paso a nuevos desarrollos que mejoren la eficiencia alimenticia a bajo coste.

Además, se dio prioridad a la calidad del agua del estanque donde se realizó el experimento a fin de no comprometer el crecimiento de los peces

y aumentar los costos en la alimentación debido a la elevada conversión de la alimentación. Además, se buscó el máximo aprovechamiento de la producción primaria natural (plancton) zoo y fitoplancton; se buscó una gestión eficaz el programa de alimentación, diariamente durante todo el ciclo de cultivo, utilizando tablas de control diario; se utilizó dietas experimentales de buena calidad, porcentaje proteico y energético específico de cada fase fisiológica de la producción. Se monitoreó los parámetros de calidad del agua de los estanques a fin de reducir la mortalidad de los peces al mínimo.

1.3. Tratamientos

Los tratamientos experimentales fueron: T0, T4, T8 y T12% de torta de palmiste en la dieta. Para la confección de las dietas se utilizó el manual de necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo de Vergara (2015), Universidad Nacional Agraria La Molina. Los tratamientos experimentales (dietas) su composición química se presenta en la Tabla 1.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (4 dietas con diferente porcentaje de torta de palmiste), cuatro repeticiones (4 jaulas) por tratamiento y 25 peces por jaula y la toma de datos se efectuaron durante 30 días.

1.4. Determinación de parámetros biológicos

El comportamiento productivo de la “vieja colorada” se evaluó a través de la determinación y utilización de los siguientes parámetros biológicos de la alimentación de los peces:

La tasa de conversión de alimentos (TCA): es la proporción existente entre la cantidad de alimentos distribuidos (g) y la ganancia de peso de los peces (g), en el mismo período de tiempo (Tacon, 1989). $TCA = \text{Cantidad de alimento distribuido (g)} / \text{Ganancia de peso de los peces (g)}$

Los parámetros del control del crecimiento y la eficiencia alimenticia se realizaron por la metodología empleada por Jauralde (2015).

El incremento del peso (IP): es el aumento de peso por unidad de tiempo por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) a una determinada temperatura.

$$IP = (Pf - Pi)$$

Dónde: IP = incremento de peso

Pf = peso final

Pi = peso inicial

El incremento del peso relativo (IPR): es el aumento de peso por unidad de tiempo a diferentes edades por efecto del consumo de alimento (energía y proteína) en un determinado rango de temperatura.

$$\text{IPR (\%)} = 100 \times (\text{Pf} - \text{Pi}) / (\text{Pi})$$

Dónde: IPR = incremento de peso relativo

Pf = peso final

Pi = peso inicial

Tabla I. Dietas experimentales con diferentes porcentajes de torta de palmiste para la fase de engorde de vieja colorada. Finca “El peñón del río”, Pambilar de Calope, 2016.

Ingredientes ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)				
	0	4	8	12	
Maíz, (kg)	12,20	11,80	12,20	8,00	3,20
Polvillo arroz, (kg)	12,20	37,60		12,50	10,20
Torta soya, (kg)	32,00	30,00		38,00	44,00
Pescado, (kg)	36,00	1,80		28,00	26,00
Aceite de soja, (kg)	3,80	4,00		1,70	1,00
Torta palmiste, (kg)	0,00	0,05		8,00	12,00
Antimicótico ² , (g)	0,05	0,20		0,05	0,05
Metionina, (g)	0,20	0,05		0,20	0,20
Antioxidante ³ , (g)	0,05	0,10		0,05	0,05
Cloruro colina, (g)	0,10	3,00		0,10	0,10
Bentonita, (kg)	3,00	0,10		3,00	3,00
Pre mezcla ⁴ , (g)	0,10	0,10		0,10	0,10
Enzima ⁵ , (g)	0,10			0,10	0,10
Composición proximal teórica (%)					Requer. ⁶
Energía digestible dietaria (Kcal kg ⁻¹)	3000	3006	3006	3013	3000
Proteína total, (%)	35,00	35,00	35,00	35,00	35
Fibra, (%)	3,10	4,20	5,20	6,30	---
Calcio, (%)	1,84	1,58	1,49	2,00	1,00
Fósforo ⁷ , (%)	1,50	1,40	1,30	1,42	0,80
Arginina, (%)	1,91	1,96	2,00	1,20	1,79
Lisina, (%)	2,09	2,02	1,98	2,05	0,94
Met+cist, (%)	1,11	1,09	1,08	1,11	0,35
Triptófano, (%)	0,36	0,36	0,36	0,38	0,30

¹ Alimento Seco al aire; ² Mollejosanitin; ³ Endox; ⁴ Rovimix pre mezcla: Vitamina A, D3, K, E, B1, B2, B6, Ácido Nicotínico, Pantotenato de Calcio, Biotina, Ácido Fólico, Colina, Inositol y Vitamina C, Avizyme 1502; ⁵ Necesidades nutritivas de Tilapia del Nilo. Vergara (2015). Universidad Nacional Agraria La Molina (2015); ⁷ Fósforo total de la dieta.

La tasa de crecimiento (TC): es una medida del aumento o disminución promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días).

$$TC (\%) = 100 \times (Pf - Pi) / t$$

Dónde: Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = período de tiempo

La tasa de crecimiento incremental (TCI): es una medida del aumento promedio de peso en un periodo de tiempo (30 días).

$$TCI (\%) = 100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$$

Dónde: TCI = tasa de crecimiento incremental

Pf = peso final

Pi = peso inicial

t = periodo de tiempo

El consumo neto de alimento (CNali): es la cantidad de alimento complementario consumido semanalmente menos el residuo de alimento.

$$CNali = \text{Peso de alimento consumido (g)} - \text{Peso del residuo (g)}$$

Dónde: CNali = consumo neto de alimento

Tasa de eficiencia proteica: El índice de eficiencia proteica (PER) es el peso ganado de un animal por cada unidad de proteína dada en el alimento y se calculó para cada tratamiento con la siguiente ecuación:

$$PER = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

El valor productivo de la proteína (PPV) se calculó para cada tratamiento con la siguiente ecuación:

$$PPV = \frac{\text{Proteína retenida (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

La porción del alimento que no es digerida es eliminada con las heces; de esta forma la diferencia entre los nutrientes ingeridos y los excretados, que corresponde a la porción absorbida, es conocida como "coeficiente de

digestibilidad aparente - CDA" (Cho *et al.*, 1985; Watanabe, 1988; Hopher, 1988; Hardy, 1997). El término "aparente" se debe a que en la determinación de dicho coeficiente no se toma en cuenta las interferencias debidas a la presencia en las heces, de ciertas cantidades de proteína de origen endógeno que resultan de la pérdida de enzimas digestivas y mucoproteínas secretadas por el tracto digestivo y de la descamación del tejido epitelial del intestino (Hopher, 1988).

El cálculo del coeficiente de digestibilidad de la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y la energía bruta (EB) se realizó por el método de la recolección total de heces en cada uno de los tratamientos y repeticiones, mediante el sistema Guelph modificado: este método consiste en el uso de un tanque cilíndrico con fondo cónico (acuario metabólico) donde el abastecimiento de agua y oxígeno es continuo por la parte superior y en el fondo lleva un tubo recolector de heces (Furuya *et al.*, 2001; Vandenberg y De la Noüe, 2001; Abimorad y Carneiro, 2004; Amirkolaie *et al.*, 2005; Henry-Silva *et al.*, 2006). Posteriormente se realizó un análisis bromatológico de las heces extraídas y de las muestras de las dietas experimentales empleadas en las investigaciones.

La digestibilidad de las dietas experimentales de los peces se determinó por el método directo, también llamado método de recolección total. Consistió en la recolección cuantitativa y el análisis de todas las heces producidas. El coeficiente de digestibilidad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{C.D.\%} = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente en las heces} \times 100}{\text{Nutriente ingerido}}$$

1.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todos los parámetros analizados del rendimiento productivo fueron analizados mediante un análisis ANOVA con medidas repetidas, usando el Modelo Lineal General (GLM) del paquete estadístico Statistical Analysis System Software (Workflow Studio 1.3) System for window 11, Copyright 2016 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). En el modelo se consideraron los porcentajes de torta de palmiste (0, 4, 8 y 12%), analizado como medidas repetidas sobre las mismas unidades experimentales. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las medias en los factores con más de dos niveles, estos fueron sometidos a la comparación múltiple de medias mediante HSD-Tukey.

2. Resultados y discusión

2.1. Digestibilidad de las dietas experimentales

Tomando como base las dietas experimentales con inclusión de torta de palmiste se obtuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la MS, PB y EB descritos en la Tabla 2.

Se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) entre el tratamiento testigo (T0) en relación a los tratamientos T4, T8 y T12 en la MS. No se encontraron diferencias ($p \leq 0,05$) en el tratamiento testigo (T0) en relación a los tratamientos T4 y T8, pero si con el tratamiento T12 en la PB y EB. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con Vásquez *et al.* (2010) en un estudio de la tilapia y Vásquez *et al.* (2013) para la cachama.

Tabla II. Efecto en el crecimiento del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de cría. Finca El peñón del río. Pambilar de Calope, 2016.

Variable ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)			
	T0	T4	T8	T12
Digestibilidad materia seca, (%).	58,65± 0,35 a	58,20± 0,35 b	57,35± 0,35 c	50,58± 0,35 d
Digestibilidad proteína bruta, (%).	84,48± 0,75 a	84,53± 0,75 a	84,42± 0,75 a	79,58± 0,75 b
Digestibilidad energía bruta, (%).	77,58± 0,69 a	77,10± 0,69 a	77,45± 0,69 a	71,70± 0,69 b
Índice eficiencia proteica (PER), (%)	0,35±0,03 a	0,35± 0,03 a	0,34±0,03 a	0,26± 0,03 b
Valor productivo de la proteína (PPV), (%).	0,37± 0,02 a	0,36±0,02 ab	0,35±0,02 ab	0,30±0,02 c

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento

Los coeficientes de digestibilidad aparente alcanzados en esta investigación concuerdan, de manera general, con los descritos en diferentes estudios con tilapia y cachama para MS, PB y EB similares; entre los resultados publicados en la literatura se observan discrepancias, que según consenso entre investigadores pueden ser causadas por diferencias en las metodologías empleadas para la determinación de los coeficientes, entre otras, procesamiento de las dietas, diferencias en los niveles de inclusión del ingrediente investigado, clase de dieta testigo utilizada (Anderson *et*

al., 1995; Boscolo *et al.*, 2008; Furuya *et al.*, 2001 Guimarães *et al.*, 2008; Masagounder *et al.*, 2008), forma de colecta de heces (Meurer *et al.*, 2003), tamaño de los peces, ecuación utilizada para el cálculo de los coeficientes (Foster, 1999) y proceso de elaboración de las dietas experimentales (Allan *et al.*, 2000).

Los resultados obtenidos del índice de eficiencia proteica (PER) y el valor productivo de la proteína (PPV) obtenidos en esta investigación son relativamente bajos si comparamos con los resultados obtenidos por Bermúdez, *et al.* (2012) en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), Yudy, *et al.* (2004) en yamú (*Brycon siebenthalae*, Eigenmann, Madrid (1912) en juveniles de corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) y Aguirre (2015) en sabaleta (*Brycon henni*, Eigenmann, 1913). Esto se pudo deber a que este pez nativo tiene distintos hábitos alimentarios de las especies de peces comparadas y al hacer una sustitución parcial de la harina de pescado, se pudo haber producido una reducción de los índices de eficiencia PPV y PER. Además, se debe tener en cuenta que en este pez nativo no se ha realizado una mejora genética en ninguna etapa fisiológica, no ha sido explotado con sistemas de producción intensiva y semi intensivas, alimentadas con alimento balanceado, de tal manera que su organismo esté acondicionado al consumo de éstos.

Al analizar la mortalidad entre los diferentes tratamientos se puede indicar que es muy baja y se produjo la muerte de los peces debido a la manipulación por el pesaje inicial y final, medición de las medidas anatómicas externas y al traslado de los peces a los acuarios metabólicos del experimento. También se puede atribuir la mortalidad al ataque de hongos de tipo Ichthyophthirius y parásitos externos. No se puede considerar la mortalidad por efecto de las dietas experimentales (Tabla 2).

2.2. Rendimiento productivo

El comportamiento productivo de la especie nativa vieja colorada alimentada con diferentes dietas isoproteicas e isocalóricas con torta de palmiste se observa en el Tabla 3.

Tabla III. Efecto en el crecimiento del pez nativo vieja colorada alimentada con dietas con diferentes porcentajes de torta de palmiste en la etapa de engorde 1. Finca El peñón del río. Pambilar de Calope. 2016.

Variable ¹	Dietas experimentales (% de torta de palmiste)			
	T0	T4	T8	T12
Peso final, (g)	62,50±1,00 a	62,00±1,00 a	62,00±1,00 a	60,50±1,00 b
Incremento del peso, (g)	14,70±0,99 a	14,44±0,99 ab	13,98±0,99 ab	12,46±0,99 b
Incremento del peso relativo, (g).	30,74±2,10 a	30,38±2,10 ab	28,13±2,10 ab	25,95±2,10 c
Tasa de crecimiento, (%)	48,87±3,36 a	47,91±3,36 a	46,66±3,36 a	41,56±3,36 b
Tasa del crecimiento incremental, (%)	89,00±0,06 a	88,00±0,06 ab	84,00±0,06 ab	77,00±0,06 c
Consumo alimento, (g)	94,25±0,83 a	91,25±0,83 b	88,30±0,83 c	85,28±0,83 d
Conversión alimenticia, (gg)	1,51±0,012 a	1,47±0,012 b	1,42±0,012 c	1,41±0,012 d
Costo alimento, (\$ Kg. ⁻¹)	0,994±0,001 a	0,981±0,001 b	0,963±0,001 c	0,945±0,001 d
Mortalidad, (%)	2	3	5	3

^{abc} Medias con letras distintas en la misma línea, difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

¹ Corresponden a medias (\pm EEM) de 25 peces alojados en una jaula (Unidad Experimental) con cuatro réplicas por tratamiento

Al final del período experimental no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), en el PF, IP, IPR, TC y TCI de la vieja colorada, entre las dietas con un 0, 4 y 8% de torta de palmiste; solo la dieta con mayor porcentaje de inclusión (12%) mostró unos peores resultados ($p \leq 0,05$) con respecto a la dieta control en el caso del IP, mientras que en el caso del PF, IPR, TC y TCI se encontraron valores inferiores ($p \leq 0,05$) en la dieta con mayor porcentaje de inclusión de torta de palmiste con respecto a las demás dietas.

La investigación sobre el uso de torta de palmiste en acuicultura en países tropicales es muy limitada. La inclusión de la torta de palmiste como fuente alternativa de proteína, como sustitución de la harina de pescado ha sido investigada en especies acuícolas. Algunos estudios iniciales indican que la torta de palmiste puede ser tolerada incluso hasta un 30% en raciones para bagre (*Ciarías gariepinus*) y 20% en tilapia (*Oreochromis niloticus*), muy por encima de los niveles de nuestro trabajo, sin que se presenten efectos adversos en crecimiento y rendimiento (Saad *et al.* 1994).

Resultados parecidos, en las mismas especies tilapia y bagre, Wan (2005) y Wing (2005), han encontrado resultados satisfactorios hasta un nivel del 20%. En este sentido, el comportamiento productivo no se alteró durante la alimentación de la cachama (*Piaractus brachypomus*) usando esta fuente alternativa de proteína (Vásquez, 2013).

Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos, aunque en dietas de alevines de tilapia roja por Amaya, *et al.* (2012), los cuales incorporaron también la torta de palmiste hasta un nivel del 8% sin afectar el rendimiento productivo de los peces, indicando que podrían incorporarse mayores niveles de inclusión. También otros autores han utilizado la torta de palmiste como ingrediente orgánico para la sustitución parcial o total de la harina de pescado para especies acuáticas sin efectos negativos en los parámetros productivos hasta un 8% (Vásquez *et al.*, 2010).

Al igual que con muchos ingredientes para harinas con base vegetal y de semilla de aceite, existen varios factores que pueden limitar la incorporación de la torta de palmiste en las dietas de pescados. Estos incluyen su contenido proteico relativamente bajo, posible deficiencia de aminoácidos, y la presencia de factores antinutricionales (Wan, 2005). Aunque en nuestro estudio, las dietas con diferentes porcentajes de palmiste contaban con una harina de pescado de exportación con un 59% de proteína total, la que proveyó de niveles adecuados de aminoácidos, además se complementó con la utilización de aditivos nutricionales como la pre mezcla de vitaminas y minerales y metionina sintética. Por eso, esta deficiencia en aminoácidos, parece no ser la causa de los peores resultados productivos encontrados en la dieta con el mayor porcentaje de inclusión (12%).

Otros autores, manifiestan que la baja digestibilidad de la torta de palmiste se atribuye normalmente a los altos niveles de polisacáridos no almidonados (PNA) (Wing, 2005) o a la composición de la pared de las células (Dusterhoft y Voragen, 1991). Wing (2005) indica que estos factores antinutricionales impiden la digestibilidad y la utilización de los nutrientes de la torta de palmiste, bien por encapsulación directa de los nutrientes o por el aumento de la viscosidad del contenido intestinal, reduciendo así la tasa de hidrólisis y la absorción de los nutrientes de la dieta. Esta explicación podría ser la causa de nuestros peores resultados productivos encontrados en la dieta con un 12% de inclusión en comparación con la dietas control, debido al elevado contenido de fibra que no fue suficiente la inclusión de un complejo enzimático.

La adición de enzimas proteolíticas, fibrolíticas o que degradan los carbohidratos a las dietas basadas en torta de palmiste, tiene un gran potencial para la liberación de nutrientes no disponibles y de energía.

Ng *et al* (2002), en investigaciones realizadas con tilapias alimentadas con torta de palmiste previamente tratadas con enzimas para alimento comercial, demostraron de manera consistente mejor eficiencia en el crecimiento y utilización del alimento, al compararlas con peces alimentados con niveles similares de torta de palmiste cruda. Continúan indicando que hasta el 30% de torta de palmiste tratada con enzimas podría incorporarse a la dieta de tilapias rojas sin frenar su crecimiento de manera significativa; este hecho ha sido corroborado por Wing (2005). En este sentido hay que

indicar que las dietas experimentales a base de torta de palmiste que se utilizaron en la alimentación de la vieja colorada en la etapa de engorde tenían un complejo enzimático a base de proteasa, xilanasas y amilasa, con el propósito de mejorar la digestibilidad de las mismas.

Los valores para el consumo de alimento y la conversión alimenticia presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre todos los tratamientos; se puede observar que a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión de la torta de palmiste en las dietas de los peces disminuyeron los valores de ambos parámetros. Las dietas con mayor contenido de harina de pescado eran más atraídas y mejor aceptadas por los peces que las dietas formuladas con ingredientes alternativos de origen vegetal, posiblemente debido al aporte de moléculas atrayentes aportadas por la harina de pescado. Datos similares reportaron Shapawi y colaboradores (2007) en el mero jorobado (*Cromileptes altivelis*), Madrid et al., (2014) con la corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*).

Referente a los costos de alimentación, se observó un mayor costo por kilogramo de la dieta elaborada con mayor contenido de pescado (0% de torta de palmiste) ($p \leq 0,05$). A medida que se iba reemplazando el uso de la harina de pescado en la dieta e incrementado la torta de palmiste (4, 8 y 12% de torta de palmiste) se iba disminuyendo el costo.

Su mayor disponibilidad y menor costo respecto a otros subproductos de oleaginosos y materias primas como la torta de soja y torta de algodón, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda de otras especies de animales.

Conclusiones

- a) De acuerdo con los resultados obtenidos, la inclusión de la torta de palmiste hasta un 8%, en las dietas para la alimentación de la vieja colorada en la época de engorde 1, no afectó el rendimiento productivo de los peces en lo que respecta a peso final, incremento de peso, incremento relativo del peso y tasa de crecimiento.
- b) Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que la torta de palmiste se puede incluir hasta un 8% en la dieta de la vieja colorada, sin afectar al rendimiento productivo; abarataría significativamente el costo de la dieta.
- c) En relación con las pruebas de digestibilidad de este trabajo, se concluye que con la inclusión de la torta de palmiste en las dietas para peces en engorde de hasta el 8%, no se afectó la digestibilidad de la proteína, energía y la eficiencia de la proteína.

- d) Finalmente, a mayor disponibilidad de torta de palmiste durante todo el año y a menor costo respecto a otros productos de oleaginosas y materias primas como la torta de soja, le dan una ventaja comparativa al no tener que competir con la demanda para el uso de otras especies de animales, lo que en términos económicos también justificaría su uso.

Referencias

- Aguirre, M. (SF). Evaluación de dos niveles de proteína en dietas para juveniles de Sabaleta (*Brycon henni*, Eigenmann, 1915). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. Volumen 2, pp. 61 - 68.
- Abimorad, E., Carneiro, D.J. (2004). Métodos de colecta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia* 33, 1101-1109.
- Amirkolaie, A.K., Leenhouders, J.I., Verreth, J.A.J., Schrama, J.W. (2005). Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture research* 36, 1157-116.
- Anderson JS, Lall SP, Anderson DM, and McNiven MA (1995). Availability of amino acids from various fish meals fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 1995; 138:291-301.
- Allan GL, Parkinson S, Booth MA, Stone DAJ, Rowland SJ, Frances J, and Warner-Smith R. (2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture* 2000; 186:293-310.
- Bermúdez, A., Muñoz-Ramírez, A.P. y Wills, G. (2012). Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en estanques de tierra. *Producción Animal. Rev. Med. Vet. Zoot.* 59 (III). P.p. 165 - 175.
- Boscolo, WR, Hayashi C, Feiden A, Meurer F, Signor AA. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).
- Bureau, D. P. (1996). Nutritional value of rendered animal protein ingredients for salmonids in the 90'S. In: The Canadian Feed Industry Association and 1996 Eastern Nutrition Conference, May 15-17. (pp. 239- 246) Dartmouth, Nova Scotia.
- Cavalheiro O., J.M., de Souza O., E., Singh B., P. (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed. *Bioresource Technology* 98, 602 -606.
- De Silva, S.S., Anderson, T.A. (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*, London, 319 pp.
- Dusterhoft, EM; Voragen, AGJ. (1991). Non-starch and polysaccharides from sunflower (*helianthus annuus*) and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal - preparation of

- cell Wall material and extraction of polysaccharide fractions. *J. Science Food Agricultwe.* 55:411-42
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. E-ISBN 978-92-5-308276-6 (PDF). Roma, 2014. P.p. 4 - 8.
- Foster I. (1999). A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition* 1999; 5:143-145.
- Furuya WM, Pezzato LE, Pezzato AC, Barros MM, and Miranda EC. (2001). Coeficientes de Digestibilidade e Valores de Aminoácidos Digestíveis de Alguns Ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 2001; 30:1143-1149.
- Furuya M., W., Gonçalves S, G., Furuya B., V.R., Hayashi, C. (2001). Fitase na alimentação da Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. *Re.bras.zootec.* 30, 924-929.
- Gonçalves G., E., Carneiro, D.J. (2003). Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Proteína e Energia de Alguns Ingredientes Utilizados em Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *R. Bras. Zootec.* 32, 779-786.
- Gonçalves G., E., Pezzato, L:E., Barros, M.M., Kleeman, G.K., Rocha, D.F. (2005). Efeitos da Suplementação de Fitase sobre a Disponibilidade Aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em Alimentos Vegetais para a Tilápia-do-Nilo. *R. Bras. Zootec.*, v.34, n.6, p.2155-2163.
- Cho, C., Cowey, C., Watanabe, T. (1985). *Finfish Nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development.* IDRC, Ottawa, Ont. (Canadá), 154 pp.
- Guimarães LG, Pezzato LE, and Barros MM. (2008). Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition* 2008.
- Hardy, R. (1997). Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition, *Aquaculture Magazine*, pp. 84 - 89.
- Henry-Silva G, G., Camargo M., A.F., Pezzato, L.E. (2006). Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35, 641-647.
- Hepher, B. (1988). *Nutrition of pond fishes.* Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 388 pp.
- Jauralde, I. (SF). Control del crecimiento y eficiencia alimentaria. Grupo en Acuicultura y Biodiversidad. Universidad Politécnica de Valencia. España. P.p. 2 - 10.
- Köprücü, K., Özdemir, Y. (2005). Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 250, 308-316.
- Lund I, Dalsgaard J, Tolderlund H, Holm J, Jokumsen A. (2011). Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus*

- mykiss) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*. 321: 259-266.
- Madrid, J. (2014). Efecto de la sustitución en dieta de harina de pescado con harina de productos de origen animal, en juveniles de corvina golfina, *Cynoscion othonopterus*. Tesis de Grado de Maestro en Ciencias en Acuicultura de la Universidad de Baja California. México. 16 p.
- Masagounder K, Firman JD, Hayward SS, and Brown PB. (2008). Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. *Aquaculture Nutrition* 2008; 15:29-37.
- Manríquez H., J. A. (1994). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En Control de calidad de insumos y dietas acuáticas. FAO. México. Pág 67-72.
- Meurer F, Hayashi C, and Boscolo WR. (2003). Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 2003; 32:18011809.
- Ng, WK; Lim, HA; Lim, SL; Ibrahim, CO. (2002). Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.) *Aquaculture Research*. 33: 1199-1207.
- Pereira-Filho M. (1995). Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. Criando peixes na Amazônia. Adalberto Luiz Val e Alexandre Honczaryk. Manaus, INPA, 75-82.
- Pezzato, L.E., Carvalho de Miranda, E., Barros, M.M., Quintero P., L.G., Furuya M., W., Pezzato, A.C. (2002). Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 31, 1595-1604.
- Saad, C., Cheah, C. y kamaruddin, M. (1994). Science and Technolo. Cong. 15 - 18 august. Kuala Lumpur. P.p 167 - 171.
- Shapawi, R., Ng, W.-K., & Mustafa, S. (2007). Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*. 273(1): 118-126. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.09.014.
- Tacón, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Documento de campo No 4. FAO-Italia. [cited. 2017 junio 25] <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB4925/AB492500.htm#TOC>.
- Tusche K, Wuertz S, Susenbeth A, Shulz C. (2011). Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth
- Vásquez, W., Yosa, M., Hernández, G- y Gutiérrez, M. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp.). *Rev Colom Cienc Pecua* vol.23 no.2 Medellín Apr./July 2010.
- Vandenberg, G.W., De La Noüe, J. (2001). Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. *Aquaculture Nutrition* 7, 237-245.

- Vásquez, W., Yosa, M., Hernández, G- y Gutiérrez, M. (2013). Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.8, p.920-927, ago. 2013.
- Vergara, V. (2015). Necesidades nutricionales de truchas y tilapias. Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. Departamento Académico de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina, pp. 2-7.
- Yudy, M., López, O., Vásquez, W. y Álvaro, F. (2004). Evaluación de diferentes porciones de energía / proteína en dietas para juveniles de yamú, *brycon siebenthalae* (eigenmann, 1912). *Orinoquia*, vol. 8, núm. 1, 2004. Pp. 64 -76.
- Wan, M. y Alimón, A. (2005). Uso de la torta de palmiste y subproductos de palma de aceite en concentrados para animales. *PALMAS*-Vol. 26 No.1, 2005. P.p. 59.60.
- Watanabe, T. (1988). *Fish Nutrition and Mariculture*. Departmente of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries. 233 pp.
- Wing, K. (2005). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. *Palmas* - Vol. 26 No. 3, 2005 79

ANEXO II: Asistencia a congresos internacionales

- IV Simposio Latinoamericano de Producción Animal Universidad Técnica Estatal de Quevedo 13 al 15 de noviembre del 2014.
- VI Congreso Colombiano de Acuicultura Universidad de los Llanos e Instituto de Acuicultura de los Llanos del 08 al 10 de Octubre del 2014.
- IV Congreso Internacional de Acuicultura en Aguas Continentales ESPE 20 al 22 de mayo del 2014.
- Congreso: IV Simposio Latinoamericano de Producción Animal Centro: Universidad Técnica Estatal de Quevedo del 13 al 15 de noviembre del 2014.
- Congreso: IV Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento Centro: Universidad Técnica Estatal de Bolívar FECHA: 05 al 07 de julio del 2017.
- Exposición del Poster del I Simposio Internacional de Ganadería Tropical, realizado el 11 y 12 de octubre del 2017. Calceta Manabí.
- Congreso: IV Simposio Latinoamericano de Producción Animal Centro: Universidad Técnica Estatal de Quevedo del 13 al 15 de noviembre del 2014
- Congreso: IV Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento Centro: Universidad Técnica Estatal de Bolívar Fecha: 05 al 07 de julio del 2017.
- Participación como expositor en el I Congreso Internacional en Producción Agropecuaria, realizado en septiembre del 2017 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato Ecuador.

ANEXO III: Actividades formativas en I+D

Cursos realizados

- Razonamiento estadístico y análisis de datos en las Investigaciones agropecuarias 11 al 15 de noviembre del 2017
- Elaboración de libros técnicos en el área agropecuaria
- Elaboración de Artículos Científicos en el área agropecuaria
- Gestión del Proceso de Investigación en las Universidades Universidad Pinar del Río – Universidad Técnica Estatal de Quevedo del 21 de agosto del 2015
- Gestión de Proyectos de I + D + i en las Universidades Universidad Pinar del Río – Universidad Técnica Estatal de 24 al 28 de agosto del 2015
- Metodología de la Investigación Científica Politécnica del Ejercito 23-01-2015
- Taller de elaboración de proyectos de inversión pública, según formato Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Estancias realizadas

- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) Centro Agua del Pino, Estancia de capacitación profesional del 10 de noviembre al 7 de diciembre del 2016.
- Estación de Reproducción de Peces de Agua Dulce” y el “Centro Piscícola Cacharí” Babahoyo Ecuador
- Finca Experimental “El Peñón del Río” Pambilar de Calope Ecuador 2 años