

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE AMINOACIDOS DE
INGREDIENTES UTILIZADOS EN ALIMENTOS COMERCIALES PARA CAMARÓN
BLANCO (*LITOPENAEUS VANNAMEI*) EN MÉXICO.

Por

DAVID ALONSO VILLARREAL CAVAZOS

Como requisito parcial para obtener el título de
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS CON ACENTUACIÓN EN
NUTRICIÓN Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS PARA
ORGANISMOS ACUÁTICOS

ENERO, 2011

DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE AMINOÁCIDOS DE
INGREDIENTES UTILIZADOS EN ALIMENTOS COMERCIALES PARA CAMARÓN
BLANCO (*LITOPENAEUS VANNAMEI*) EN MÉXICO.

Comité de tesis

Dr. Denis Ricque Marie

Director de tesis

Dra. Lucia Elizabeth Cruz Suárez

Secretario

Dr. José María Viader Salvadó

Vocal

Dra. Mireya Tapia Salazar

Vocal

Dra. Martha Nieto López

Vocal

DEDICATORIAS

“Las cualidades de los padres permanecen en el espíritu de los hijos”

A mis padres (Simón Villarreal Guajardo y Bertha Alicia Cavazos Silva).

“Y sal ahí a defender el pan y la alegría, y sal ahí...para que sepan...que esta boca es mía”

Muy especialmente para mi esposa (María Concepción Aguirre Barrón), pieza fundamental para que este relojito funcione perfecto.

“Vive de modo tal, que cuando tus hijos piensen en la justicia y en la integridad, piensen en ti”.

A mis hijos (Maira Paola y Dylan): Gracias por cambiar mi vida y compartir la suya conmigo.

A la familia Aguirre Barrón: Norma Lidia, Dolores, Carmen y Jorge (y a sus familias) ¡Se les extraña! ¡Pero se les quiere aún más!

A mis hermanos: Simón, Fabián y Lizbeth Samanda.

A mis amigos (Del Maravilloso Mundo de la Acuicultura): Jesús Enrique Soto Valle Favela, Wilfrido Guzmán Ponce, Adrian Arturo González Patiño, Roberto López Trinidad, Antonio Mazarí Sámano, Keneth W. Hasson, Alfredo Medina, Máximo Quispe, Eddy Sánchez, Martín Camarena Conchas, Mario Novales, Servando Quiroz Bustos.

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme realizar mis sueños en compañía de mis seres queridos

Especialmente a México a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios doctorales (Número de registro: 68993). A la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por apoyar el proyecto: Determinación de la digestibilidad de los alimentos comerciales y de ingredientes utilizados en la formulación de alimentos balanceados para *Litopenaeus vannamei*, SAGARPA-CONACYT-2003-C02-149.

A las compañías Mexicanas: Maricultura del Pacífico, S.A. de C.V. (Ing. Cesáreo Cabrera), Proteínas Marinas y Agropecuarias S.A. de C.V. (Ing. Lilia Marín), Alimentos CostaMar S.A. de C.V. (Guadalupe Mendiola).

A la compañía Alemana Evonik-Degussa por las determinaciones analíticas de AA. Dr. Andreas Lemme, Ing. Laura Locatelli, Dr. Manuel Álvarez.

A las compañías Norteamericanas: National Rendered Association y American Soybean Association

A la mis asesores Dra. Lucia Elizabeth Cruz Suárez, Dr. Denis Ricque Marie, Dra. Mireya Tapia Salazar, Dra. Martha Nieto y Dr. José María Viader Salvado por su confianza, asesoría, por sus consejos, apoyo y tiempo brindados para desarrollo exitoso del presente trabajo de investigación.

Al Q.B.P. Claudio Guajardo Barbosa por su amistad y sobre todo por su experiencia (técnicas del laboratorio) brindada de forma incondicional y precisa para a la realización del presente trabajo.

Al Q.B.P. Julio Beltrán Rocha, al Q.B.P. Alberto Peña y a la L.C.A. Blanca Zúñiga por el apoyo brindado en la realización de los diferentes bioensayos nutricionales.

A mis compañeros del Programa Maricultura, estimados todos.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE ABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO.....	2
3. HIPÓTESIS.....	2
4. ANTECEDENTES.....	3
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1. Área de trabajo.....	11
5.2. Materias primas e ingredientes.....	11
5.3. Determinación de la digestibilidad <i>in vivo</i> de los ingredientes experimentales...	11
5.3.1. Dietas experimentales.....	12
5.3.1.1. Fórmulación de dietas experimentales.....	12
5.4. Bioensayos de digestibilidad <i>in vivo</i>	18
5.4.1. Bioensayo 1 (Harinas de pescado).....	18
5.4.2. Bioensayo 2 (Productos de soya).....	19
5.4.3. Bioensayo 3 (Subproductos de rastro).....	20
5.4.4. Bioensayo 4 (Productos de trigo).....	21
5.4.5. Bioensayo 5 (Ingredientes misceláneos).....	21
5.5. Análisis químicos.....	22
5.6. Determinación de la digestibilidad.....	23
5.6.1. Determinación de la digestibilidad en dietas.....	23
5.6.2. Determinación de la digestibilidad de ingredientes.....	24
5.6.3. Determinación de la digestibilidad de dietas corregida por lixiviación.....	25
5.7. Análisis Estadísticos.....	26
6. RESULTADOS.....	27
6.1. Harinas de pescado.....	27
6.1.1. Composición proximal de harinas de pescado.....	27
6.1.2. Contenido de nitrógeno volátil total (TVN) en harinas de pescado.....	27
6.1.3. Contenido de calcio, fósforo y metales pesados en harinas de pescado.....	27
6.1.4. Contenido de AA en harinas de pescado.....	28
6.1.5. Composición química y contenido de AA en dietas experimentales de Harinas de pescado.....	31
6.1.6. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales con harinas de pescado.....	31
6.1.7. Contenido de nutrientes y óxido de cromo en heces con harinas de pescado..	34
6.1.8. CDA de MS, energía y PC en dietas experimentales con harinas de pescado.	38
6.1.9. CDAAA en dietas experimentales con harinas de pescado.....	39
6.1.10. CDA de MS, energía y PC de harinas de pescado.....	41
6.1.11. Digestibilidad <i>in vitro</i> (Torry modificado) en harinas de pescado.....	41
6.1.12. CDAAA en harinas de pescado.....	42
6.1.13. Correlación entre la PCD y la AATD en harinas de pescado.....	46
6.1.14. Diferencias entre CDAAA y CDAPC en harinas de pescado.....	47

6.1.15. CDAAA ajustados por lixiviación en harinas de pescado.....	47
6.1.16. Contenido de AA digestibles estándar en harinas de pescado.....	50
6.1.17. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en harinas de pescado.....	50
6.2. Productos de soya.....	51
6.2.1. Composición proximal de productos de soya.....	51
6.2.2. Contenido de AA en productos de soya.....	51
6.2.3. Composición proximal, energía y contenido de AA en dietas con productos de soya.....	52
6.2.4. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales con productos de soya.....	53
6.2.5. Contenido de nutrientes y óxido de cromo en heces con productos de soya...	54
6.2.6. CDA de MS, energía y PC en dietas con productos de soya.....	56
6.2.7. CDAAA en dietas con productos de soya.....	57
6.2.8. CDA de MS, DAE y DAPC en productos de soya.....	57
6.2.9. CDAAA estándar en productos de soya.....	58
6.2.10. Correlación PCD vs AATD en productos de soya.....	60
6.2.11. CDAAA ajustados por lixiviación en productos de soya.....	60
6.2.12. Contenido de AA digestibles estándar en productos de soya.....	62
6.2.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en prod. soya.....	62
6.3. Sub-productos de rastro.....	63
6.3.1. Composición proximal y contenido de AA en subproductos de rastro.....	63
6.3.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas con subproductos de Rastro.....	64
6.3.3. Pérdidas de nutrientes en dietas con subproductos de rastro.....	65
6.3.4. Contenido de nutrientes y cromo en heces con subproductos de rastro.....	66
6.3.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con subproductos de rastro.....	68
6.3.6. CDA de AA en dietas con subproductos de rastro.....	69
6.3.7. CDA de MS, DAE y DAPC en subproductos de rastro.....	69
6.3.8. CDAAA en subproductos de rastro.....	70
6.3.9. Diferencias entre CDAPC y CDAAA en subproductos de rastro.....	73
6.3.10. CDAAA ajustados por lixiviación en subproductos de rastro.....	73
6.3.11. Contenido de AA digestibles estándar en subproductos de rastro.....	76
6.3.12. Contenido de AA digestibles ajustados por lixiviación en subproductos de rastro.....	76
6.4. Productos de Trigo.....	77
6.4.1. Composición química y contenido de AA de productos de trigo.....	77
6.4.2 Composición química y contenido de AA en dietas con productos de trigo...	79
6.4.3. Pérdidas de nutrientes en dietas con productos de trigo.....	80
6.4.4. Contenido de nutrientes en heces con productos de trigo.....	82
6.4.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con productos de trigo.....	84
6.4.6. CDAAA en dietas con productos de trigo.....	84
6.4.7. CDA de MS, energía y PC en productos de trigo.....	84
6.4.8. CDAAA en productos de trigo.....	87
6.4.9. Correlación PCD vs AATD en productos de trigo.....	89
6.4.10. Diferencias entre CDAPC y CDAAA en productos de trigo.....	90
6.4.11. CDAAA corregidos por lixiviación en productos de trigo.....	91
6.4.12. Contenido de AA digestibles estándar en productos de trigo.....	92

6.4.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación productos de trigo.	93
6.5. Productos Misceláneos.....	94
6.5.1 Composición proximal y contenido de AA en prod. misceláneos.....	94
6.5.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas con prod. misceláneos..	95
6.5.3. Pérdidas de nutrientes en dietas con productos misceláneos.....	96
6.5.4. Contenido de nutrientes en heces con prod. misceláneos.....	97
6.5.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con prod. misceláneos.....	99
6.5.6. CDA de AA en dietas con productos misceláneos.....	100
6.5.7. CDA de MS, energía y PC en productos misceláneos.....	101
6.5.8. CDA de AA en productos misceláneos.....	102
6.5.9. Correlación PC digestible vs \sum AAT digestibles en prod. misceláneos.....	103
6.5.10. Diferencias entre CDAPC y CDAAA en productos misceláneos.....	104
6.5.11. CDAAA corregidos por lixiviación en productos misceláneos.....	105
6.5.12. Contenido de AA digestibles estándar en productos misceláneos...	106
6.5.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en prod. miscelan..	107
7. DISCUSIONES.....	108
7.1. Harinas de pescado.....	108
7.1.1. Composición química de harinas de pescado.....	108
7.1.2. Nitrógeno volátil total.....	109
7.1.3. Metales pesados.....	110
7.1.4. Contenido de AA en harinas de pescado.....	110
7.1.5. Pérdida de nutrientes en dietas con HP.....	111
7.1.6. CDA de MS, energía y PC en harinas de pescado.....	111
7.1.7. Digestibilidad de proteína in vitro (DAPv) Torry pepsina al 0.0002%.....	114
7.1.8. CDAAA en ingredientes.....	115
7.1.9 Correlación entre CDAPC y CDAAAT.....	117
7.1.10. CDAAA corregidos por lixiviación en harinas de pescado.....	117
7.2. Productos de soya.....	118
7.2.1. Composición proximal productos de soya.....	118
7.2.2. Contenido de AA en productos de soya.....	118
7.2.3. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales.....	118
7.2.4. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales.....	118
7.2.5. CDA de materia seca, energía y proteína cruda productos de soya.....	119
7.2.6. CDAAA en ingredientes.....	120
7.2.7. CDAAA corregidos por lixiviación en ingredientes.....	120
7.3. Sub-productos de rastro.....	122
7.3.1. Composición proximal y contenidos de AA.....	122
7.3.2. Pérdidas de nutrientes en las dietas experimentales.....	122
7.3.3. CDA de materia seca, energía y proteína cruda en ingredientes.....	123
7.3.4. CDAAA de AA en ingredientes.....	124
7.3.5. CDAAA corregidos por lixiviación en ingredientes.....	126
7.4. Productos de trigo.....	127
7.4.1. Composición química y contenido de AA en ingredientes.....	127
7.4.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales.....	127
7.4.3. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales.....	128
7.4.4. CDA de materia seca, energía y proteína cruda de las dietas experimentales.	128
7.4.5. CDA MS, E, PC y AA en ingredientes.....	129

7.4.6. CDAAA en ingredientes.....	130
7.4.7. Correlación entre CDAPC vs CDA Σ AA.....	131
7.4.8. CDAAA corregidos por lixiviación.....	132
7.5. Productos misceláneos.....	132
7.5.1. Composición proximal y contenido de AA en ingredientes.....	132
7.5.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales.....	132
7.5.3. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales.....	133
7.5.4. CDA de materia seca, energía, proteína cruda en ingredientes.....	133
7.5.5. CDAAA en ingredientes.....	134
7.5.6. CDAAA corregidos por lixiviación en ingredientes.....	134
8. CONCLUSIONES.....	135
8.1. Harinas de pescado.....	135
8.2. Productos de soya.....	136
8.3. Subproductos de rastro.....	137
8.4. Productos de trigo.....	139
8.5. Productos misceláneos.....	140
9. BIBLIOGRAFÍA.....	142

ÍNDICE DE ANEXOS

	PAGINA
ANEXOS.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1.- Estudios de digestibilidad aparente de AA en dietas o ingredientes para camarones peneidos y algunos crustáceos.....	8
Tabla 2.- Fórmula del ingrediente de referencia.....	12
Tabla 3.- Fórmulas de las dietas experimentales con harinas de pescado.....	15
Tabla 4.- Fórmulas de las dietas experimentales con productos de soya.....	16
Tabla 5.- Fórmulas de las dietas experimentales con subproductos de rastro....	16
Tabla 6.- Fórmulas de las dietas experimentales con productos de trigo.....	17
Tabla 7.- Fórmulas de las dietas experimentales con productos misceláneos....	18
Tabla 8.- Análisis proximal, densidad energética y contenido de nitrógeno volátil total de harinas de pescado.....	29
Tabla 9.- Contenidos de Calcio, Fósforo y Arsénico, en harinas de pescado.....	30
Tabla 10.- Contenidos de AA en las harinas de pescado.....	30
Tabla 11.- Composición química, densidad energética y contenido de AA de las dietas experimentales con harinas de pescado.....	32
Tabla 12.- Pérdidas de nutrientes dietarios después de 1 hora de inmersión en agua marina en dietas con harina de pescado.....	33
Tabla 13.- Contenido de Óxido de cromo, energía y proteína cruda en heces (harinas de pescado).....	35
Tabla 14.- Contenido de AA esenciales en heces (HP).....	36
Tabla 15.- Contenido de AA no esenciales en heces (HP).....	37
Tabla 16.- CDAMS, CDAPC, CDAE y digestibilidad <i>in vitro</i> en harinas de pescado.....	43
Tabla 17.- CDA de AA estándar en harinas de pescado.....	44

Tabla 18.- Diferencias entre digestibilidad de AA individuales y digestibilidad de proteína cruda de harinas de pescado.....	47
Tabla 19.- Diferencias entre CDAAA estándar menos CDAAA corregidos por lixiviación, después de 1 hora de inmersión en agua marina.....	48
Tabla 20.- CDA en harinas de pescado corregidos por lixiviación de nutrientes..	49
Tabla 21.- Contenidos de AA digestibles (estándar) en las harinas de pescado...	50
Tabla 22.- Contenidos de AA digestibles (Corregidos por lixiviación) en las harinas de pescado...	51
Tabla 23.- Composición proximal, densidad energética y contenidos de AA en productos de soya.....	52
Tabla 24.- Composición proximal, densidad energética y contenidos de AA de las dietas experimentales con productos de soya.....	53
Tabla 25.- Pérdidas de nutrientes dietarios después de 1 hora de inmersión en agua marina en dietas con productos de soya.....	54
Tabla 26.- Contenido de Óxido de cromo, energía y PC en heces (productos de soya).....	55
Tabla 27.- Contenido de AA esenciales en heces (productos de soya).....	55
Tabla 28.- Contenido de AA no esenciales en heces (productos de soya).....	56
Tabla 29.- CDA estándar en productos de soya.....	59
Tabla 30.- Coeficientes de digestibilidad aparente (%) en productos de soya corregidos por lixiviación de nutrientes.....	61
Tabla 31.- Contenidos de AA digestibles de productos de soya.....	62
Tabla 32.- Contenidos de AA digestibles de productos de soya (corregidos por lixiviación).....	63

Tabla 33.- Composición proximal de ingredientes, densidad energética, y contenidos de AA de subproductos de rastro.....	64
Tabla 34.- Composición química, densidad energética y contenido de AA de dietas experimentales en subproductos de rastro	64
Tabla 35.- Pérdidas de nutrientes dietarios en agua marina subproductos de rastro.....	65
Tabla 36.- Contenido de Óxido de cromo, energía y proteína cruda en heces de subproductos de rastro.....	66
Tabla 37.- Contenido de AA esenciales en heces de subproductos de rastro.....	67
Tabla 38.- Contenido de AA no esenciales en heces de subproductos de rastro.....	68
Tabla 39.- CDA de AA en subproductos de rastro.....	72
Tabla 40.- Diferencias entre CDAAA individuales y CDAPC de subproductos de rastro.....	73
Tabla 41.- Diferencias entre CDAAA estándar menos CDAAA corregidos por lixiviación, en subproductos de rastro.....	74
Tabla 42.- CDAAA en subproductos de rastro corregidos por lixiviación.....	75
Tabla 43.- Contenidos de AA digestibles cálculos estándar en subproductos de rastro.....	76
Tabla 44.- Contenido de AA digestibles en subproductos de rastro corregidos por lixiviación.....	77
Tabla 45.- Composición química, densidad energética y contenido de AA en productos de trigo.....	78
Tabla 46.- Composición química, densidad energética y contenido de AA de	

	dietas experimentales con productos de trigo.....	79
Tabla 47.-	Pérdidas de AA dietarios en agua marina (productos de trigo).....	81
Tabla 48.-	Contenido de Óxido de cromo, energía y proteína cruda en heces de productos de trigo.....	82
Tabla 49.-	Contenido de AA esenciales y óxido de cromo en heces de productos de trigo.....	82
Tabla 50.-	Contenido de AA no esenciales y óxido de cromo en heces de productos de trigo.....	83
Tabla 51.-	CDA de MS, energía, PC y AA de productos de trigo y dieta de referencia	88
Tabla 52.-	Diferencias entre CDAAA totales y el CDAPC de los productos de trigo.....	90
Tabla 53.-	CDA de MS, energía, PC y AA de productos de trigo corregidos por lixiviación.....	91
Tabla 54.-	Contenido de AA digeribles estándar en productos de trigo.....	92
Tabla 55.-	Contenido de AA digeribles corregidos por lixiviación en productos de trigo.....	93
Tabla 56.-	Composición proximal, densidad energética y contenidos de AA de productos misceláneos.....	94
Tabla 57.-	Composición química, densidad energética y contenido de AA en dietas experimentales con productos misceláneos.....	95
Tabla 58.-	Pérdidas de nutrientes dietarios (productos misceláneos).....	96

Tabla 59.- Contenido de óxido de cromo, energía y proteína cruda en heces de productos misceláneos.....	97
Tabla 60.- Contenido de AA esenciales en heces de productos misceláneos.....	98
Tabla 61.- Contenido de AA no esenciales en heces de productos misceláneos.....	99
Tabla 62.- CDA de MS, energía, PC y AA en ingredientes misceláneos.....	102
Tabla 63.- Diferencias CDAAA individuales y CDAPC de productos misceláneos.....	104
Tabla 64.- CDAAA en ingredientes misceláneos corregidos por lixiviación.....	105
Tabla 65.- Contenidos de AA digestibles en productos misceláneos.....	106
Tabla 66.- Contenidos de AA digestibles corregidos por lixiviación en productos misceláneos.....	107
Tabla 67.- Antecedentes sobre el contenido de nutrientes en harinas de pescado...	109
Tabla 68.- Efecto del proceso sobre el CDAPC en harinas de pescado.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1.- Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca en dietas experimentales con harinas de pescado.....	38
Figura 2.- Coeficiente de digestibilidad aparente de energía en dietas experimentales con harina de pescado.....	39
Figura 3.- Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda en dietas experimentales con harinas de pescado.....	40
Figura 4.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA (%) en dietas experimentales con harinas de pescado.....	41
Figura 5.- Coeficiente de digestibilidad aparente de AA en harinas de harinas de pescado.....	45
Figura 6.- Correlación entre la proteína cruda digestible (PCD) y los AA totales digestibles (AATD) en harinas de pescado secadas con vapor (HPSV) vs harinas de pescado secadas con flama directa (HPFD).....	46
Figura 7.- CDA de materia seca, energía y proteína cruda en dietas con productos de soya.....	57
Figura 8.- CDA de AA en dietas con productos de soya.....	58
Figura 9.- Correlación entre CDAP y CDAAA en productos de soya.....	61
Figura 10.- CDA de MS, E y PC en dietas con subproductos de rastro.....	70
Figura 11.- CDA de AA en dietas con subproductos de rastro.....	71
Figura 12.- CDAMS, CDAE y CDAPC en dietas con productos de trigo.....	85
Figura 13.- CDA de AA en dietas con productos de trigo.....	86

Figura 14.-	Relación entre PCD y AATD en productos de trigo.....	89
Figura 15.-	CDAMS, CDAE y CDAPC en dietas con productos misceláneos.....	100
Figura 16.-	CDA de AA en dietas con productos misceláneos.....	101
Figura 17.-	Correlación entre PCD y AATD en productos misceláneos.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	AA
DAAA	digestibilidad aparente de AA
DAAAD	digestibilidad aparente de AA en dietas
DAAAI	digestibilidad aparente de AA en ingredientes
DAMS	digestibilidad aparente de materia seca
DAPC	digestibilidad aparente de proteína cruda
DAE	digestibilidad aparente de energía
°C	grado centígrado
Cr₂O₃	óxido de cromo
µm	micrómetros
UI	unidades internacionales
g	gramos
kg	kilogramos
mg	miligramos
Co	cobalto
Mn	manganeso
Zn	zinc
Cu	cobre
Fe	hierro
Se	selenio

I	Iodo
DR	dieta de referencia
DHP1	dieta experimental con harina de pescado 1
DHP2	dieta experimental con harina de pescado 2
DHP3	dieta experimental con harina de pescado 3
DHP4	dieta experimental con harina de pescado 4
DHP5	dieta experimental con harina de pescado 5
DHP6	dieta experimental con harina de pescado 6
DHP7	dieta experimental con harina de pescado 7
DHP8	dieta experimental con harina de pescado 8
DHP9	dieta experimental con harina de pescado 9
DHP10	dieta experimental con harina de pescado 10
DSI	dieta experimental con soya integral
DPS	dieta experimental con pasta de soya
DAS	dieta experimental con asilado de soya
DCPS	dieta experimental con concentrado proteico de soya
DHPV	dieta experimental con harina de pluma v
DHPV	dieta experimental con harina de ave v
DHPG	dieta experimental con harina de ave G
DHPG	dieta experimental con harina de pluma G
DHS	dieta experimental con harina de sangre

DHC	dieta experimental con harina de cerdo
DGHRW	dieta experimental con grano de trigo hard red winter
DGTD	dieta experimental con grano de trigo <i>durum</i>
DGTR	dieta experimental con grano de trigo rayón
DHHRW	dieta experimental con harina de trigo hard red winter
DHTD	dieta experimental con harina de trigo <i>durum</i>
DHTR	dieta experimental con harina de trigo rayón
DCCP	dieta experimental con concentrado proteico de papa
DLC	dieta experimental con harina de levadura de cerveza
DHU	dieta experimental con harina de ulva (alga verde <i>Ulva clathrata</i>)
DHCrus	dieta experimental con harina de crustáceo (<i>Heterocapus redii</i>)
DHKelp	dieta experimental con harina de kelp (alga café <i>Ascophylum nodosum</i>)
\pm	desviación estándar
cm	centímetros
L	litros
mL	mililitros
hrs	horas
nm	nanómetros
PMS	perdida de materia seca
PP	perdida de proteína
PAA	perdida de AA

Kcal	kilocalorías
TVN	nitrógeno volátil total
PC	proteína cruda
GC	grasa cruda
FC	fibra cruda
ELN	extracto libre de nitrógeno
EB	energía bruta
BS	base seca
cal	calorías
HF	heces frescas
SD	desviación estándar
CV	coeficiente de variación
HL	heces liofilizadas
MS	materia seca
CDA	coeficiente de digestibilidad aparente
CDAMS	coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca
CDAE	coeficiente de digestibilidad aparente de energía
CDAPC	coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda
Σ AAE	suma de AA esenciales
Σ AAT	suma de AA totales
CDAAAT	coeficiente de digestibilidad aparente de AA totales

PCD	proteína cruda digestible
AATD	AA totales digestibles
HPFD	harinas de pescado secadas con flama directa
HPSV	harinas de pescado secadas con vapor
SI	soya integral
AS	aislado de soya
PS	pasta de soya
CS	concentrado proteico de soya
AS	aislado de soya
%AA/PC	porcentaje de recuperación de AA
ANOVA	análisis de varianza
HDR	heces dieta de referencia
HDHP1	heces dieta experimental con harina de pescado 1
HDHP2	heces dieta experimental con harina de pescado 2
HDHP3	heces dieta experimental con harina de pescado 3
HDHP4	heces dieta experimental con harina de pescado 4
HDHP5	heces dieta experimental con harina de pescado 5
HDHP6	heces dieta experimental con harina de pescado 6
HDHP7	heces dieta experimental con harina de pescado 7
HDHP8	heces dieta experimental con harina de pescado 8
HDHP9	heces dieta experimental con harina de pescado 9

HDHP10	heces dieta experimental con harina de pescado 10
HDSI	heces dieta experimental con soya integral
HDPS	heces dieta experimental con pasta de soya
HDAS	heces dieta experimental con asilado de soya
HDCPS	heces dieta experimental con concentrado proteico de soya
HDHPV	heces dieta experimental con harina de pluma v
HDHPV	heces dieta experimental con harina de ave v
HDHPG	heces dieta experimental con harina de ave G
HDHPG	heces dieta experimental con harina de pluma G
HDHS	heces dieta experimental con harina de sangre
HDHC	heces dieta experimental con harina de cerdo
HDGHRW	heces dieta experimental con grano de trigo hard red winter
HDGTD	heces dieta experimental con grano de trigo <i>durum</i>
HDGTR	heces dieta experimental con grano de trigo rayón
HDHHRW	heces dieta experimental con harina de trigo hard red winter
HDHTD	heces dieta experimental con harina de trigo <i>durum</i>
HDHTR	heces dieta experimental con harina de trigo rayón
HDCCP	heces dieta experimental con concentrado proteico de papa
HDLC	heces dieta experimental con harina de levadura de cerveza
HDHU	heces dieta experimental con harina de ulva
HDHCrus	heces dieta con harina de crustáceo

HDHKelp heces dieta con harina de kelp

r² correlación

RESUMEN

En el presente estudio se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de materia seca, energía, proteína cruda y aminoácidos (AA) de 31 ingredientes comúnmente utilizados por la industria para la elaboración de alimentos comerciales para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en México; para lo cual, se realizaron 5 bioensayos de digestibilidad aparente *in vivo* (uno por cada grupo de ingredientes: 10 harinas de pescado, 4 productos de soya, 6 subproductos de rastro, 6 productos de trigo y 5 ingredientes misceláneos). Se utilizó el método indirecto de Cho y Slinger (1979) el cual consiste en una mezcla de 70% de una dieta de referencia y 30% del ingrediente a evaluar empleando el óxido de cromo como marcador inerte, en juveniles tardíos de *L. vannamei* (3.5 a 5.4 g peso inicial promedio). La alimentación fue *ad libitum* iniciando con el 10% de la biomasa, la colecta de heces se realizó por sifoneo y los experimentos tuvieron la duración necesaria para coleccionar 8 a 12 g de heces, las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (capacidad de 60 y 120 L) en un sistema de recirculación interna de agua, empleando un diseño experimental de bloques al azar con 4 replicas por tratamiento. Adicionalmente, se realizó un ajuste en los CDA por la pérdida preprandial de nutrientes del alimento en el agua marina. Los CDA ajustados (corregidos por lixiviación) de AA totales oscilaron entre 66 y 100%. De manera general los ingredientes más digestibles fueron: harina de ulva, harina de kelp y harinas de trigo (100%), seguidos de los productos de soya (95% promedio), de trigos enteros y las harinas de pescado; los ingredientes menos digestibles fueron los subproductos de rastro (66% promedio).

ABSTRACT

In present study, apparent digestibility coefficients (ADC) of dry matter, energy, crude protein and amino acids (AA) were determined for 31 ingredients commonly used by the industry for the development of commercial feed for shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Mexico; digestibility bioassays were run *in vivo* for 5 groups of ingredients: 10 fish meal, 4 soybean products, 6 rendered by products, 6 wheat products and 5 miscellaneous ingredients. A reference diet and experimental diets were designed according to the indirect method of Cho and Slinger (1979), using chromium oxide as an inert marker. Juveniles of *L. vannamei* (3.5 to 5.4 g initial weight) were fed *ad libitum*, with an initial feeding rate of 10% of the biomass; collection of feces was done by siphoning, and the experiment lasted the time required to collect 8 to 12 g of feces; the experimental units were fiberglass tanks (capacity 60 and 120 L) in a recirculated sea water system, using an experimental design of randomized blocks with 4 replicates per treatment. Additionally, ADCs were adjusted for the preprandial loss of dietary nutrients by leaching in sea water. The adjusted ADCs of total AA varied between 66 and 100%. Most digestible ingredients were ulva meal, kelp meal and wheat flours (100%), followed by soybean products (95% average), whole wheat meals, and fish meals; less digestible ingredients were the rendered by-products (66% average).

1. INTRODUCCIÓN

La industria del cultivo de camarón del pacífico (*Litopenaeus vannamei* Boone, Perez-Farfante *et al*, 1969) se ha expandido en los últimos años. Actualmente se producen en el mundo aproximadamente 1 millón 300 mil toneladas de las cuales México contribuye con poco más de 130, 000 toneladas (comunicación personal, Reyes-Fierro M, 2009). Esta producción genera una demanda de alimento balanceado a nivel nacional de aproximadamente 260,000 toneladas (considerando una tasa de conversión alimenticia de 2:1), que constituyen entre el 40 y 60% de los costos de producción (Reyes, 1998). Los ingredientes que se utilizan en la elaboración de alimentos balanceados por las diferentes compañías en México son seleccionados en base a estándares de calidad definidos por cada empresa. Sin embargo, algunas de las determinaciones para definir el valor nutricional, que son básicas para formular alimentos de una manera precisa, como la digestibilidad de nutrientes, en especial la de aminoácidos (AA), son costosas y escasas. Actualmente los nutriólogos de las compañías de alimentos no pueden formular con datos de nutrientes digestibles. Lo hacen con datos obtenidos de tablas de composición de AA de ingredientes que reportan contenidos de AA promedios brutos de ingredientes que generalmente no están suficientemente detallados en cuanto su origen y procesamiento, lo que dificulta la extrapolación. Los estudios sobre digestibilidad de AA de ingredientes en crustáceos son muy escasos, por la complejidad de los análisis implicados y la dificultad de realizar bioensayos de digestibilidad en condiciones acuáticas (lixiviación de nutrientes en alimento, la problemática en la colecta de heces). De un total aproximado de 11 estudios publicados sobre digestibilidad aparente de AA (DAAA) en camarones peneidos, solo 2 han sido realizados en *Litopenaeus vannamei*: uno donde se reporta la DAAA de las dietas (DAAAD) y otro donde se reporta DAAA de ingredientes (DAAAI). Sin embargo, en este último se minimizó el efecto de la interacción de los otros ingredientes al determinar la digestibilidad en fórmulas casi puras. Por otro lado, los artículos publicados sobre DAAA en diferentes grupos de ingredientes presentan una gran deficiencia en la identificación de los ingredientes evaluados (especie, proceso, etc.) lo cual limita su uso práctico en formulación. Adicionalmente, las metodologías de análisis de AA y las dietas de referencia usadas en esos estudios difieren entre sí, lo cual hace difícil

su comparación. Por lo mencionado anteriormente, y partiendo del hecho que el universo de ingredientes y proveedores usados por los productores de alimentos para camarón en México es relativamente pequeño, en este trabajo se propone evaluar la DAAA de estos ingredientes con características bien definidas en cuanto a proveedor, proceso, origen, utilizando una misma metodología. Como primera etapa se pretende determinar AA en muestras de ingredientes, dietas y heces, utilizando la metodología descrita por Fontaine (2003). Como segunda etapa se pretende determinar la DAAA en ingredientes utilizados en México para la formulación de alimentos balanceados para camarón, empleando la metodología de Cho y Slinger (1979).

1.1. OBJETIVO

Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca (CDAMS), proteína cruda (CDAPC), energía (CDAE) y CDAAA en diferentes ingredientes utilizados para formular dietas para camarones en México, considerando la lixiviación de nutrientes en las dietas.

1.2. HIPÓTESIS

Los valores obtenidos en el presente estudio sobre una muestra representativa de los ingredientes que tienen a su disposición los productores de alimentos de camarón en México, difieren entre sí, por su proceso de producción, su origen, el tipo de recurso, y de los valores publicados para productos similares en trabajos anteriores realizados con *Litopenaeus vannamei* o con especies cercanas.

Las pérdidas de nutrientes por lixiviación en el agua tienen un efecto significativo sobre el valor de digestibilidad estimado, que justifica la introducción de un factor correctivo en el cálculo del coeficiente de digestibilidad.

El conjunto de métodos utilizados en el presente estudio es aplicable para el control de calidad de ingredientes utilizados en la industria mexicana de alimentos para camarón en términos de CDAAA.

2. ANTECEDENTES

Se evaluaron un total de 10 diferentes harinas de pescado, 4 harinas de productos de soya, 6 harinas de subproductos de rastro, 6 harinas de productos de trigo y 5 harinas de productos misceláneos. Las muestras se obtuvieron de plantas de fabricación de alimentos, o con proveedores de materias primas que abastecen a las plantas, con el fin de asegurar que efectivamente estén siendo utilizadas para la elaboración de alimentos comerciales para engorda de camarón en México.

Las harinas de pescado son un ingrediente comúnmente utilizado en las dietas de animales domésticos, ya que son una fuente rica en proteína cruda y lípidos, las harinas de pescado pueden ser elaborada de diferentes especies de pescados, incluso existen harinas de pescado que son elaboradas con subproductos de pescado (desechos del fileteo, vísceras, etc.) estos factores afectan variando el contenido y digestibilidad de los nutrientes (mayor o menos contenido de huesos “contenido de cenizas” y aceite) en el producto final (Miles & Chapman, 2006). Adicionalmente el proceso de elaboración de las harinas afecta la digestibilidad de la proteína (Opstvedt *et al.*, 2003).

La soya tiene el mejor perfil proteico nutricional de todas las plantas. A partir del frijol de soya se pueden obtener varios productos de soya como lo son: La harina

o pasta de soya, la cual se obtiene como un subproducto durante el proceso de extracción del aceite del frijón de soya, las hojuelas de soya delipidadas son sometidas a un proceso de calentamiento y posteriormente convertidas en harina (el contenido de fibra y proteína de este ingrediente es de alrededor de 7 y 44% respectivamente, aunque, el nivel de proteína de este ingrediente se puede incrementar hasta un 48% eliminando la cascarilla de soya antes de la extracción del aceite). La soya integral se obtiene a partir del grano de soya descascarillado (extrusión, tostado o micronizado) lográndose un producto rico en proteína y lípidos. Este ingrediente se caracteriza por contener un alto contenido de lípidos y fibra. Mediante la eliminación de los carbohidratos presentes en la harina de soya se pueden elaborar otros productos con un nivel mayor de proteína tal como el concentrado de soya. El aislado de proteína se obtiene por extracción de la proteína a partir de las hojuelas delipidadas (Peisker, 2001).

Los subproductos de rastro son fuentes de proteína alternas a las proteínas marinas o vegetales entre ellos encontramos las harinas de ave, harinas de cerdo, harinas de pluma, harinas de sangre y harinas de carne y hueso. Estos ingredientes requieren de una estandarización en los procesos de producción y regulación sanitaria para su uso en acuicultura. Las harinas de ave son una muy buena fuente de aminoácidos y su contenido de colesterol es importante en la formulación de alimentos para camarón (Cruz-Suárez *et al.*, 2007).

Los productos de trigo son utilizados como fuente de energía, su proteína es altamente digestible en especies acuícolas y adicionalmente son utilizados como aglutinantes naturales que mejoran la estabilidad de los alimentos en el agua (Gatlin III *et al.*, 2007; Hertrampf, 2007). Cerca del 90 al 95% del trigo producido en el mundo es trigo común (*Triticum aestivum*), el cual es conocido como trigo duro o trigo suave dependiendo de la dureza del grano; el resto es trigo duro (*Triticum durum*) el cual es utilizado para producir sémola de trigo (Peña *et al.*, 2002).

Los productos misceláneos evaluados en el presente estudio son: harina de enteromorfa y harina de kelp que son ingredientes que se caracterizan por un perfil nutricional que es muy variado, sin embargo, el interés reciente para su utilización en alimentos para acuicultura es el contenido de monosacáridos sulfatados que tienen un efecto positivo protegiendo a los camarones contra patógenos virales (Cruz-Suárez *et al.*, 2000; Cruz-Suárez *et al.*, 2009a; Cruz-Suárez *et al.*, 2010). Levadura de cerveza es un ingrediente rico en proteína, vitaminas del complejo B y una composición de minerales que es adecuada para los camarones, el elevado contenido de ácidos nucleicos los convierte en una fuente importante de nucleótidos, adicionalmente el contenido de β glucanos de la pared celular se emplea en acuicultura como inmuloestimuladores (García-Galano, 2007). Concentrado proteico de papa (CCP) es el resultado de la extracción de los almidones de la papa, generándose un líquido rico en proteína, para extraer la proteína del líquido se requiere de ácido y calor para coagular la proteína y posteriormente se filtra o centrifuga obteniendo el CPP con un nivel de proteína cruda generalmente mayor al 80%, grasa cruda 3% y fibra cruda inferior al 1%. La harina de crustáceo es una excelente fuente de minerales, colesterol, fosfolípidos y ácidos grasos; además es un excelente attractante, debe de contener un mínimo de 32% de proteína cruda, 4% de lípidos y máximo 14% de cenizas (Akiyama, 1993).

La determinación de la digestibilidad es una medida útil para definir el valor nutricional de ingredientes y de alimentos (Akiyama *et al.*, 1989; Lee y Lawrence, 1997; Cruz *et al.*, 2001; Nieto, 2003). En crustáceos existen un sin número de estudios donde se reporta la DAPC, DAMS y DAE tanto para dietas como para ingredientes. En 1997, Lee y Lawrence publican una revisión de todos los estudios relacionados con el tema, encontrando que para entonces se habían evaluado 66 ingredientes en diferentes especies de crustáceos, de los cuales 25 fueron realizados en *Litopenaeus vannamei*. A la fecha este número se ha incrementando considerablemente. Sin embargo, los estudios sobre digestibilidad de AA en dietas e ingredientes (DAAAD; DAAAI) son contados; un resumen de estas publicaciones se presenta en la tabla 1.

La escasez de reportes a nivel internacional sobre DAAA *in vivo* en crustáceos se debe principalmente a lo complicado de las técnicas para analizar AA y marcador inerte, colecta de heces, lo costoso del estudio; por otro lado, la variación en las metodologías usadas en la determinación de la digestibilidad, la falta de especificaciones de los ingredientes reportados en los estudios anteriores dificulta la comparación de estudios e impide el empleo práctico de estos resultados.

Esta ampliamente documentado que el origen y proceso de las materias primas, interacción con otros ingredientes, nivel de inclusión del ingrediente y del marcador utilizado, tipo y nivel de inclusión del aglutinante, etc. afectan de manera significativa la digestibilidad de los nutrientes (Akiyama *et al.*, 1989; Brown *et al.*, 1989; Smith *et al.*, 2000; Cruz-Suárez *et.al.*, 2001).

La corrección de la digestibilidad por pérdida de nutrientes es poco considerada, y se ha visto que en algunas ocasiones dependiendo del nutriente evaluado está afecta de manera importante los valores de digestibilidad (Salinas, 2000; Cruz *et al.*, 2001) especialmente la de los AA (Ricque *et al.*, 2006). A continuación se analizan los factores no considerados en los estudios sobre digestibilidad de AA en camarón (*Litopenaeus vannamei*) y que de alguna manera están afectando la digestibilidad de estos nutrientes. En el estudio conducido por Akiyama *et al.* (1989), no se reporta información detallada sobre las materias primas utilizadas (pescado, camarón, calamar, arroz y soya), ni sobre el proceso al que fueron sometidas para producir las diferentes harinas. Además, en este caso, la metodología utilizada para determinar la DAAA *in vivo* fue errónea, porque utilizaron 96% del ingrediente en la dieta de prueba, más alginato y óxido de cromo, sin considerar el efecto de las interacciones entre los ingredientes en la fórmula.

En el estudio de Shiau *et al.*, (1992); tampoco se indica el origen de las materias primas utilizadas ni el proceso de elaboración de las mismas; ellos utilizan, para determinar la digestibilidad, dietas con 86% del ingrediente a evaluar, mas 6% de attractante (harina de camarón o calamar), 7% de aglutinante

(carboximetilcelulosa) y 1% de óxido de cromo; además el alto nivel de inclusión de aglutinantes puede afectar de manera negativa la digestibilidad (Riaza, 1986).

Forster *et al.* (2002) evaluaron la DAAAD reemplazando harina de pescado por harinas de carne y hueso. Estos investigadores tampoco indican el origen de estas muestras, utilizan diferentes niveles de inclusión de los ingredientes a evaluar (30 al 90% de inclusión), además de que los cálculos de DAAA no fueron corregidos por la lixiviación de las dietas experimentales, a pesar de que esta fue evaluada en dicho estudio.

Por otro lado, en un estudio para determinar la lixiviación de AA en alimentos comerciales para camarón (*Litopenaeus vannamei*) en México, donde las dietas fueron inmersas en agua marina a 28°C durante una hora, se reporta que el porcentaje de AA perdidos por lixiviación varió entre los diferentes alimentos (Cruz-Suárez *et al.*, 2005). Los AA que presentaron mayores pérdidas fueron metionina y lisina (13.8 y 13.0% respectivamente); estos antecedentes muestran la importancia de ser considerada la corrección por lixiviación para calcular de manera precisa la estimación de la DAAAI. El conjunto de las problemáticas anteriormente descritas justifica el desarrollo del presente estudio.

Tabla 1.- Estudios de digestibilidad aparente de AA en dietas o ingredientes para camarones peneidos y algunos crustáceos

	Ingrediente o dieta	Especie	Marcador	Dieta Referencia
Akiyama <i>et al</i> , 1989.	Pasta de soya, harina de camarón, harina de pescado, harina de arroz y harina de calamar.	<i>Litopenaeus vannamei</i> .	1 % de Cr ₂ O ₃ .	No, 96% del ingrediente más aglutinante y óxido de cromo.
Shiau <i>et al</i> , 1992.	Caseína, pasta de soya y harina de pescado	<i>Penaeus monodon</i> .	1 % Cr ₂ O ₃ .	No, ya que utilizaron 86% del ingrediente mezclado con 6% de atractante (harina de camarón o calamar), 7% de aglutinante (carboximetilcelulosa) y 1 % de óxido de cromo.
Smith <i>et al</i> , 1995.	Harina de pescado y harina de carne y hueso	<i>Litopenaeus monodon</i> .	1% Cr ₂ O ₃ .	Cho y Slinger, 1979. 50% del ingrediente a evaluar 50% de dieta de referencia.
Burson <i>et al</i> , 1997	Maíz, semilla de algodón, harina de jaiba, grano de sorgo, harina de carne y hueso, harina de pescado, harina de arroz, grano de arroz, harina de camarón, pasta de soya, hígado de calamar, harina de trigo, gluten de trigo.	<i>Penaeus setiferus</i>	1 % de Cr ₂ O ₃ .	Cho y Slinger, 1982. 29.5% del ingrediente a evaluar y 69.5% de dieta de referencia.

Cr₂O₃= Óxido de cromo.

Tabla 1.- Estudios de digestibilidad aparente de AA en dietas o ingredientes para camarones peneidos y algunos crustáceos (continuación)

	Ingrediente o dieta	Especie	Marcador	Dieta Referencia
Mu <i>et al</i> , 2000.	Caseína, gelatina, harina de pescado, pasta de soya y harina de espirulina.	<i>Eriocheir sinensis</i> .	0.5% de Cr ₂ O ₃ .	20% del ingrediente a evaluar y 80% de la dieta de referencia.
Forster <i>et al</i> , 2002.	Dietas remplazando harina de pescado por harina de carne y hueso.	<i>Litopenaeus monodon</i> .	0.5% Cr ₂ O ₃ .	Digestibilidad de dietas, no de ingredientes, por lo que no se usó dieta de referencia
Lin <i>et al</i> , 2004.	Dietas con probióticos.	<i>Litopenaeus vannamei</i>	0.1% de Acetato de Iterbio.	Digestibilidad de Dietas
Campaña <i>et al</i> , 2006	Pasta de soya, trigo texturizado, harina de sorgo, harina de pescado, harina de calamar y harina de jaiba.	<i>Cherax quadricarinatus</i> .	0.5% de Cr ₂ O ₃ .	15% del ingrediente a evaluar y 84.5% de dieta de referencia.
Irvin & Williams, 2007	Harina de pescado, harina de krill, harina de mejillón, harina de crustáceo, harina de calamar, pasta de soya, harina de lupino y harina de trigo.	<i>Panulirus ornatus</i>	0.5% de acetato de Iterbio.	50% para ingredientes de origen animal y 30% para ingredientes de origen vegetal y se ajusta con la dieta de referencia (49.5% o 69.5%).

Cr₂O₃= Óxido de cromo

Tabla 1.- Estudios de digestibilidad aparente de AA en dietas o ingredientes para camarones peneidos y algunos crustáceos (continuación)

Smith <i>et al</i> , 2007	Harinas de lupino (6 variedades)	<i>Penaeus monodon</i> .	0.5% de Acetato de Iterbio.	50% del ingrediente a evaluar y 50% de la dieta de referencia.
Sicardii <i>et al</i> , 2006b	Caseína, gluten de trigo, gelatina, pasta de soya, harina de pescado, fibra de arroz, harina de camarón, harina de sangre, gluten de maíz, harina de cangrejo, granos de destilería, harina de pluma, harina de pollo, soya integral y harina de calamar.	<i>Litopenaeus vannamei</i>	1 % de Cr ₂ O ₃ .	30% del ingrediente a evaluar y 70% de la dieta de referencia.
Yang <i>et al</i> , 2009	Pasta de soya, harina de maní, harina de trigo, gluten de maíz, harina de subproductos de camarón, harina de carne y hueso, harina de pollo, harina de plasma y harina de pescado.	<i>Litopenaeus vannamei</i>	0.5% de Cr ₂ O ₃	30% del ingrediente a evaluar y 69.5% de la dieta de referencia.
Galicia <i>et al</i> , 2010	Harinas de cartamo	<i>Litopenaeus vannamei</i>	1 % de Cr ₂ O ₃ .	30% del ingrediente a evaluar, 1% alginato y 68% de la dieta de referencia.
Terrazas <i>et al</i> , 2010	Harinas de pescado	<i>Litopenaeus vannamei</i>	0.7 % de Cr ₂ O ₃	30% del ingrediente a evaluar y 70% de la dieta de referencia

Cr₂O₃= Óxido de cromo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.-Área de trabajo

El trabajo se realizó en el Programa “Maricultura” perteneciente al Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

5.2.- Materias primas e ingredientes

Las muestras de ingredientes fueron seleccionadas de tal manera que se pueda cumplir con la siguiente información relacionada con los parámetros de calidad: fecha de elaboración, fecha de recepción en planta, proveedor y origen, especie o variedad de la materia prima, fecha de caducidad, presentación, tipo de muestreo, número de registro de la muestra, fecha de muestreo, responsable del muestreo, peso de la muestra, resultados de análisis físicos, químicos y biológicos realizados. Se agrega la información específica para el tipo de ingrediente; por ejemplo para harinas de pescado, se investigó el tiempo y condiciones de almacenamiento de la materia prima, tipo de proceso de elaboración, nitrógeno volátil total en materia prima (frescura), si es harina entera o mezcla con subproductos, adición de solubles, antioxidante (tipo y concentración utilizada), temperatura de secado, tiempo de permanencia en el secador (ver anexo 1).

5.3. Determinación de la digestibilidad *in vivo* de los ingredientes experimentales

El término digestibilidad de nutrientes en ingredientes se refiere a la cantidad de nutrientes retenidos por el organismo (nutrientes consumidos menos nutrientes en heces), debido a que las heces también contienen una cantidad de nutrientes de

origen endógeno (descamación del intestino, enzimas, etc), y adicionalmente a que es muy complicado determinar la cantidad de nutrientes endógenos en organismos acuáticos la mayoría de los nutricionistas emplean el término digestibilidad aparente. En el presente estudio se utilizó el método indirecto de digestibilidad aparente el cual un marcador inerte (óxido de cromo) y a diferencia del método directo no requiere de conocer la cantidad exacta de alimento ingerido, ni de coleccionar el total de las heces producidas.

5.3.1. Dietas experimentales

5.3.1.1. Fórmulación de dietas experimentales

Se utilizó una dieta de referencia y dietas experimentales diseñadas según el método indirecto de Cho y Slinger (1979) el cual requiere de una dieta de referencia la cual deberá ser incluida al 70% y 30% el ingrediente a evaluar. La dieta de referencia fue principalmente constituida de un alimento comercial (debido al número tan grande de dietas a fabricar y con la finalidad de asegurar la homogeneidad de composición de las dietas de referencia en bioensayos sucesivos) el cual fue molido, tamizado (250 μm) y mezclado con un marcador inerte (1% de óxido de cromo, lote 52-0305) y un aglutinante (1% de alginato de sodio, Aldrich-180947) ver tabla 2.

Tabla 2.- Fórmula del ingrediente de referencia 19,000* (base húmeda).

Ingrediente	%
Harina de Pescado Mexicana ^a	34.00
Trigo Rayón Sonora ^b	45.00
Pasta de soya ^c	14.00
Lecitina de soya ^d	3.50
Aceite de pescado ^e	2.80

Mezcla vitamínica ^f	0.30
Mezcla mineral ^g	0.15
Vitamina C ^h	0.06
Vitamina E ⁱ	0.03
Antioxidante (Etoxiquin) ^j	0.02

^a Harina de sardina 57% PC, Alimentos marinos, Obregón, Sonora, México.

^b Harina de trigo de 12-13% PC, Grupo Altex, Navojoa, Sonora, México.

^c Pasta de soya 47% PC, ADM, USA.

^d Lecitina de soya, ADM, USA.

^e Aceite de pescado, Alimentos marinos, Ciudad Obregón, Sonora, México.

^f Pre-mezcla Vitamínica contiene: Retinol, 4000 UI / g; Tiamina, 24 g / kg; Riboflavina, 16 g / kg; DL Pantotenato de calcio, 30 g / kg; Piridoxina, 30 g / kg; Cianocobalamina, 80 mg / kg; Ácido Ascórbico, 60 g / kg; Menadion, 16 g / kg; Colecalciferol, 3200 UI / g; Tocoferol, 60 g / kg; Biotina, 400 mg / kg; Niacina, 20 mg / kg; Ácido Fólico, 4 g / kg.

^g Pre-mezcla Mineral contiene: Co, 2 g / kg; Mn, 16 g / kg; Zn, 40 g / kg; Cu, 20 g / kg; Fe, 1 mg / kg; Se, 100 mg / kg; I, 2 g / kg.

^h Vitamina C (L-ascorbyl-2-polifósforo, 35%). BASF.

ⁱ Vitamina E (D-alfa-tocoferol, 50%). BASF.

^j Anti-oxidante: Dresquin 66, Dressen S.A. de C.V., México.

Las dietas experimentales estuvieron conformadas por 68% de la dieta comercial molida (mezcla de referencia), 1% de óxido de cromo, 1% de alginato y 30% del ingrediente a probar (harinas de pescado) ver tabla 3, o con 70% de la dieta comercial molida (que incluía 1% de óxido de cromo y 1% de alginato) y 30% del ingrediente prueba (para el resto de los ingredientes), de tal manera que se elaboraron 31 dietas en total (10 con harina de pescado, 4 con harinas de productos de soya, 6 con subproductos de rastro, 6 con harinas de productos de trigo y 5 con harinas de origen misceláneo, se elaboraron 5 dietas control, una para cada grupo de ingredientes) ver tablas 4, 5, 6 y 7.

Las dietas se elaboraron de la siguiente manera: se utilizó una báscula Scientech con capacidad de 1000 g (precisión 0.01g) para pesar cada componente de las dietas a evaluar; posteriormente todos los ingredientes se colocaron en un tazón de acero inoxidable, para ser mezclados por 10 minutos en una mezcladora Kitchen-Aid, después se agregaron 200 mL de agua tibia lentamente mientras la mezcladora seguía en operación, 7 minutos después se incorporaron otros 200 mL de agua tibia y se continuó mezclando hasta alcanzar 15 minutos. Utilizando un molino de carne (Torrey) se procedió a pelletizar las dietas, incorporando lentamente la mezcla, trabajando a una temperatura de 80-85°C. Posteriormente los fideos se secaron a 100°C por 8 minutos. Los alimentos se empacaron en bolsas de plástico herméticas y se almacenaron a 4°C hasta su uso.

Tabla 3.- Fórmulas (g kg^{-1} , base húmeda) de las dietas experimentales con harinas de pescado

	DR	DHP1	DHP2	DHP3	DHP4	DHP5	DHP6	DHP7	DHP8	DHP9	DHP10
Mezcla de referencia	980	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680
Harina de sardina entera	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harina de sardina entera	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-
Harina de sardina entera	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-
Harina de sardina entera	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-
Harina de sardina entera	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-
Harina de menhaden	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
Harina de atún aleta amarilla	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-
Harina de Sardina y recorte de atún	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-
Harina de Sardina y vísceras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-
Harina de Sardina y recorte de atún	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300
Oxido de cromo	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Alginato de sodio	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

DR: dieta de referencia; DHP1, hasta DHP10: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente. Mezcla de referencia: alimento comercial molido

Tabla 4.- Fórmulas de las dietas experimentales con productos de soya

	DR	DSI	DPS	DCPS	DAS
Fórmulas (g kg ⁻¹ , base húmeda)					
Mezcla de referencia*	1000	700	700	700	700
Soya integral	-	300	-	-	-
Pasta de soya	-	-	300	-	-
Concentrado proteico de soya	-	-	-	300	-
Aislado de soya	-	-	-	-	300

DR: dieta de referencia; DSI: dieta con soya integral, DPS: dieta con pasta de soya, DCPS: dieta con concentrado proteico y DAS: dieta con aislado de soya; *Mezcla de referencia incluye: 98% de alimento comercial, 1 % de óxido de cromo y 1% de alginato

Tabla 5.- Fórmulas de las dietas experimentales con subproductos de rastro

	DR	DHPV	DHPV	DHPG	DHPG	DHS	DHC
Fórmulas (g kg ⁻¹ , base húmeda)							
Mezcla de referencia*	1000	700	700	700	700	700	700
Harina de pluma v	-	300	-	-	-	-	-
Harina de ave v	-	-	300	-	-	-	-
Harina de ave G	-	-	-	300	-	-	-
Harina de pluma G	-	-	-	-	300	-	-
Harina de sangre	-	-	-	-	-	300	-
Harina de cerdo	-	-	-	-	-	-	300

DR: dieta de referencia; DHPV, DHPV, DHPG, DHPG, DHS, DHC,: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las harinas de pluma A, harina de ave A, harina de ave B, harina de pluma B, harina de sangre y harina de cerdo, respectivamente; *Mezcla de referencia incluye: 98% de alimento comercial, 1 % de óxido de cromo y 1% de alginato

Tabla 6.- Fórmulas (g kg^{-1} , base húmeda) de las dietas experimentales con productos de trigo

DR	Productos de trigo			Harinas de trigo		
	DGHRW	DGTD	DGTR	DHHRW	DHTD	DS
Mezcla de referencia*	1000	700	700	700	700	700
GHRW	-	300	-	-	-	-
GTD	-	-	300	-	-	-
GTR	-	-	-	300	-	-
HHRW	-	-	-	300	-	-
HTD	-	-	-	-	300	-
Sémola	-	-	-	-	-	300

DR: dieta de referencia, DGHRW: dieta grano hard red Winter, DGTD: dieta grano trigo duro, DGTR: dieta grano trigo rayón, DHHRW: dieta harina hard red Winter, DHTD: dieta harina trigo duro, DS: dieta de sémola. *Mezcla de referencia incluye: 98% de alimento comercial, 1 % de óxido de cromo y 1% de alginato

Tabla 7. Fórmulas (g kg^{-1} , base húmeda) de las dietas experimentales con productos misceláneos

	DR	DCPP	DLC	DHU	DHCrus	DKelp
Mezcla de referencia*	1000	700	700	700	700	700
Concentrado proteico de papa	-	300	-	-	-	-
Levadura de cerveza	-	-	300	-	-	-
Harina de <i>Ulva clathrata</i>	-	-	-	300	-	-
Harina de Crustaceo	-	-	-	-	300	-
Harina Kelp (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	-	-	-	-	-	300

DR: dieta de referencia; DCP: dieta de concentrado proteico de papa, DLC: dieta de levadura de cerveza, DHU*mezcla de referencia incluye 1 % de óxido de cromo y 1% de alginato

5.4. Bioensayos de digestibilidad *in vivo*

Se realizaron cinco bioensayos de digestibilidad *in vivo*, el primero (1) para evaluar las harinas de pescado, el segundo (2) para las harinas de productos de soya, el tercero (3) para los subproductos de rastro, el cuarto (4) para productos de trigo y finalmente el quinto (5) para harinas de productos misceláneos.

5.4.1. Bioensayo harinas de pescado

Se utilizaron 15 juveniles (5 ± 0.10 gramos de peso promedio) de camarón blanco del pacífico (*L. vannamei*) por acuario, procedentes de la Compañía Maricultura del Pacífico S.A. de C.V. en Mazatlán, Sinaloa. Las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (60 x 30 x 35 cm) con capacidad de 60 L y un sistema de recirculación interna del agua ("air-water lift"). El flujo de agua

fue constante (420 mL por minuto) bajo un sistema de recirculación. La estrategia de alimentación y colecta de heces fue la siguiente: se inicio alimentando con el 10% de la biomasa de cada acuario; esta cantidad se dividió en dos raciones por día, la primera se ofreció a las 9:00 y la segunda a las 12:30 horas. Las heces correspondientes a la primera alimentación fueron colectadas a las 10:30, 11:30, 12:30 horas y las de la segunda alimentación a las 14:00, 15:00 y 16:00 horas. La colección se realizó por sifoneo de cada acuario a una cubeta de 2.5 L, posteriormente las heces fueron trasladadas por gravedad a contenedores de unicel (500 mL) donde fueron seleccionadas (utilizando pipetas de succión de 2 mL), eliminando restos de alimento, heces amarillas y cafés, colectando únicamente las heces verdes; permaneciendo en su canastilla de unicel con un poco de agua en refrigeración a 4°C, el mismo procedimiento se repitió para la segunda colecta correspondiente a la misma alimentación (utilizando una canastilla de unicel por cada colecta) y al terminar con la tercer colecta, las heces fueron lavadas (dos veces) con agua destilada y finalmente fueron concentradas en un recipiente plástico con tapa y almacenadas en congelación a -20°C, utilizando un frasco por cada acuario, éste procedimiento se repitió para las colectas de la segunda alimentación; la cantidad de heces frescas necesarias fue de 8 g por replicado, una vez que cada acuario reunía esta cantidad, se liofilizaron y se almacenaron en congelación hasta su uso; la duración del experimento fue de 5 días.

5.4.2. Bioensayo productos de soya

Se utilizaron 10 juveniles (5.9 ± 0.8 gramos de peso promedio) de camarón blanco del pacífico (*L. vannamei*) por acuario, procedentes de la Compañía Maricultura del Pacifico S.A. de C.V. en Mazatlán, Sinaloa. Las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (60 x 30 x 35 cm) con capacidad de 60 L y un sistema de recirculación interna del agua ("air-water lift"). El flujo de agua fue constante (420 mL por minuto) bajo un sistema de recirculación. Antes de empezar a recolectar las heces los camarones fueron alimentados durante 3 días con las dietas a evaluar. Posterior a ello, la alimentación se ofreció *ad libitum* iniciando con el 10% de la biomasa, proporcionando dos raciones por día (9:00 y 14:00 hrs).

Las heces fueron colectadas tres veces por cada alimentación (10:00, 11:00 y 12:00 hrs y 16:00, 18:00 y 20:00 hrs), a partir de 1 hora después de cada alimentación; se utilizó un sifón en un recipiente plástico, donde fueron lavadas con agua destilada para separar restos de alimento, e inmediatamente congeladas. Las heces colectadas diariamente fueron agrupadas hasta obtener 12 g (la duración del experimento fue de 15 días) de heces frescas para cada tratamiento del experimento, posteriormente se liofilizaron y almacenaron hasta su uso.

5.4.3. Bioensayo subproductos de rastro

Se utilizaron 24 camarones juveniles (5.1 ± 0.2 gramos de peso promedio) de *L. vannamei*, procedentes de la Compañía Maricultura del Pacífico S.A. de C.V. en Mazatlán, Sinaloa. Las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (60 x 60 x 30 cm) con capacidad aproximada de 120 L y un sistema de recirculación interna del agua ("air-water lift"). El flujo de agua fue constante (840 mL por minuto) bajo un sistema de recirculación. Se inició alimentando con el 10% de la biomasa (alimentación *ad libitum*) dividido en cinco raciones la primera a las 8:30 hrs, posteriormente a las 10:00 hrs se colectaron heces y restos de alimento procediendo a lavar las heces y almacenar bajo refrigeración; a las 10:10 hrs se volvió a alimentar y a las 11:50 hrs se colectaron heces y restos de alimento procediendo a lavar las heces y almacenar bajo refrigeración; a las 12:00 hrs se volvió a alimentar y a las 13:30 hrs se colectaron heces y restos de alimento procediendo a lavar las heces y almacenar bajo refrigeración; a las 13:40 hrs se volvió a alimentar y a las 15:10 hrs se colectaron heces y restos de alimento procediendo a lavar las heces y almacenar bajo refrigeración; a las 15:20 hrs se volvió a alimentar y a las 16:50 hrs se colectaron heces y restos de alimento procediendo a lavar las heces y almacenar con las heces de colectas anteriores y se procedió a congelar, la duración del experimento fue de 5 días.

5.4.4. Bioensayo productos de trigo

Se utilizaron 9 camarones (*Litopenaeus vannamei*) de 3.5 gr de peso promedio por cada acuario, los camarones eran procedentes de la compañía Maricultura del Pacifico S.A. de C.V. ubicada en Mazatlán, Sinaloa México. Las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (60 x 30 x 35 cm) con capacidad de 60 L y un sistema de recirculación interna del agua ("air-water lift"). El flujo de agua fue constante (420 mL por minuto) bajo un sistema de recirculación. Antes de empezar a recolectar las heces los camarones fueron alimentados durante 3 días con las dietas a evaluar. Posterior a ello, la alimentación se ofreció *ad libitum* iniciando con el 10% de la biomasa, proporcionando dos raciones por día (9:00 y 14:00 hrs). Las heces fueron colectadas tres veces por cada alimentación (10:00, 11:00 y 12:00 hrs y 16:00, 18:00 y 20:00 hrs), a partir de 1 hora después de cada alimentación; se utilizó un sifón en un recipiente plástico, donde fueron lavadas con agua destilada para separar restos de alimento, e inmediatamente congeladas. Las heces colectadas diariamente fueron agrupadas hasta obtener 8g, la duración del bioensayo fue de 21 días.

5.4.5. Bioensayo productos misceláneos

Se utilizaron 15 camarones juveniles (5.4 ± 0.1 gramos de peso promedio) de *L. vannamei* procedentes de la compañía Maricultura del Pacifico S.A. de C.V. ubicada en Mazatlán, Sinaloa México. Las unidades experimentales fueron acuarios de fibra de vidrio (60 x 60 x 30 cm) con capacidad de 120 L y un sistema de recirculación interna del agua ("air-water lift"). El flujo de agua fue constante 840 mL por minuto bajo un sistema de recirculación. La estrategia de alimentación y colecta de heces fue la siguiente: se inicio alimentando con el 10 % de la biomasa de cada acuario; esta cantidad se dividió en dos raciones por día, la primera se ofreció a las 9:00 y la segunda a las 12:30 horas. Las heces fueron colectadas a las 10:30, 11:30, 12:30 horas y a las 14:00, 15:00 y 16:00 horas. La colección se realizó por sifoneo de cada acuario a una cubeta de 2.5 L, posteriormente las heces fueron

trasladadas por gravedad a contenedores de unicel (500 mL) donde fueron seleccionadas (utilizando pipetas de succión de 2 mL), eliminando restos de alimento, heces amarillas y cafés, colectando únicamente las heces verdes; permaneciendo en su canastilla de unicel con un poco de agua en refrigeración a 4°C, el mismo procedimiento se repitió para la segunda colecta correspondiente a la misma alimentación (utilizando una canastilla de unicel por cada colecta) y al terminar con la tercer colecta, las heces fueron lavadas (dos veces) con agua destilada y finalmente fueron concentradas en un recipiente plástico con tapa y almacenadas en congelación a -20°C, utilizando un frasco por cada acuario, éste procedimiento se repitió para las colectas de la segunda alimentación; la cantidad de heces frescas necesarias fue de 8 g por replicado, una vez que cada acuario reunía esta cantidad, se liofilizaron y se almacenaron en congelación hasta su uso, la duración del experimento fue de 5 días.

5.5. Análisis de químicos

La composición bromatológica de los ingredientes, dietas y heces fue determinada utilizando los siguientes métodos: A.O.A.C. 1997 para determinación de humedad método 930.15; determinación de proteína cruda con equipo LECO A.O.A.C. 1997, método 990.03; Soxhlet para lípidos (Tecator, 1983); A.O.A.C. 1997 para ceniza (método 942.05) y A.O.A.C. 1997 para fibra (método 962.09B). El extracto libre de nitrógeno se calculado por diferencia. El contenido de energía se analizó en un micro-calorímetro (Parr, 1992, No.280MN). Además se determinaron algunos parámetros de calidad de importancia, dependiendo del tipo de ingrediente considerado: Nitrógeno volátil total (Tecator ASN3140, 1987), contenido de calcio, fósforo, arsénico, plomo y mercurio por A.O.A.C., 1990 (método 968.08) (solo en harinas de pescado). El contenido de cromo (en dietas, dietas lixiviadas y heces) utilizando el método Bolin *et al.*, 1952 modificando de la siguiente manera: para una muestra de 100 mg se utilizó 7 mL (en lugar de 10 mL) de mezcla oxidante (10 g de molibdato de sodio disuelto en 150 mL de agua destilada, posteriormente se agregó muy lentamente 150 mL de ácido sulfúrico concentrado y 200 mL de ácido perclórico químicamente puro), se digirió a 250°C durante 40 minutos (en lugar de

350°C durante 20 minutos) agitando los tubos cada 5 minutos; una vez que los tubos se enfriaron, se aforaron a 50 mL con agua destilada y se homogenizó; finalmente se tomó una alícuota para ser leída en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 438 nm (luz visible). Para eliminar contaminantes que afectan la longitud de onda el óxido de cromo (Cr_2O_3) fue lavado antes de incorporarse en las dietas. La pérdida de materia seca, proteína, y AA se determinó en dietas que fueron inmersas en agua marina durante 60 minutos. La digestibilidad aparente de proteína *in vitro* con pepsina al 0.0002 (solo en harinas de pescado) se determinó utilizando el método reportado por Olsen, 1969 (Torry). La pérdida de nutrientes por lixiviación se determinó en dietas sumergidas en agua marina de misma calidad (temperatura, salinidad) que durante los bioensayos (Smith, 2001).

Las determinaciones de AA en ingredientes, dietas, dietas lixiviadas y heces fueron realizadas por la compañía alemana Evonik-Degussa. Las cuantificaciones de los AA se realizaron por medio de cromatografía de líquidos de alta resolución siguiendo los procedimientos descritos por AOAC, 1997 método 994.12 alternativas III y I respectivamente (Llames & Fontaine, 1994; Fontaine, 2003) haciendo la preparación de la muestra mediante una hidrólisis ácida para la mayoría de los AA o por oxidación con ácido per-fórmico y con una hidrólisis con meta-bisulfito de sodio para metionina y cistina. Debido al tamaño tan pequeño de las muestras de heces, no se pudo realizar la hidrólisis especial para determinar triptófano.

5.6. Determinación de la digestibilidad

5.6.1. Determinación de la digestibilidad en dietas

Para calcular la digestibilidad de las dietas experimentales se emplearon las ecuaciones descritas por Cruz *et al.* (2007).

5.6.2 Determinación de la digestibilidad de ingredientes

Los cálculos de digestibilidad en todos los grupos de ingredientes (con excepción de harinas de pescado) fueron realizados utilizando la ecuación de Bureau & Hua (2006) la cual considera dos factores 0.7 y 0.3 correspondientes a una mezcla de 70% mezcla de referencia + 30% del ingrediente prueba:

$$ADC_{\text{test ingredient}} = ADC_{\text{test diet}} + [(ADC_{\text{test diet}} - ADC_{\text{ref.diet}}) * (0.7 * D_{\text{ref.}}) / (0.3 * D_{\text{ingredient}})]$$

La estimación de la digestibilidad de nutrientes en las harinas de pescado se realizó utilizando una modificación a esta ecuación para considerar las particularidades de la formulación de la dieta experimental (68% ingrediente de referencia + 30% ingrediente prueba + 2% alginato-Cr₂O₃), quedando de la siguiente forma:

$$CDA_{\text{ingrediente prueba}} = CDA_{\text{dieta prueba}} + [(CDA_{\text{dieta prueba}} - CDA_{\text{dieta ref}}) * (0.6939 * D_{\text{ref.}}) / (0.3 * D_{\text{ingrediente}})] + [(CDA_{\text{dieta prueba}} - CDA_{\text{alg-cr}}) * (0.0061 * D_{\text{alg-cr}}) / (0.3 * D_{\text{ingrediente}})]$$

Donde CDA son los coeficientes de digestibilidad aparente de las dietas y D son las determinaciones del nutriente considerado en la dieta de referencia (D_{ref}) o en el ingrediente a probar (D_{ingrediente}) (concentraciones tal cual al momento de la mezcla).

La modificación considera que la dieta prueba está constituida de 69.39% de la mezcla de referencia incluyendo 1% de Cr₂O₃ y 1% de alginato (69.39 = 68/0.98),

+ 0.61% de un ingrediente ficticio conformado de una mezcla de alginato y Cr₂O₃ en partes iguales, + 30% del ingrediente prueba. El valor de cada termino es nulo para la proteína cruda y AA (ya que estos nutrientes están ausentes en el óxido de cromo y en el alginato), y puede ser estimado en 0.5% para materia seca (Galicia-González *et al.*, 2009).

5.6.3. Determinación de la digestibilidad de dietas corregida por lixiviación

Se utilizaron los valores de lixiviación después de una hora de inmersión en agua: para tomar en cuenta las pérdidas de materia seca (PMS), de proteína (PP) y de AA (PAA), de las dietas antes de ser ingeridas por el animal, se corrigió la DAPC, la DAMS así como la digestibilidad de energía y AA empleando las siguientes ecuaciones (Cruz *et al.*, 2001):

Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Materia Seca del Alimento corregida (CDAMScorr) por la pérdida de materia seca (%PMS):

$$\% \text{ CDAMScorr} = 100 - 100 [(\text{Cromo en dieta} / \text{Cromo en heces}) * 1/(1-\% \text{PMS}/100)]$$

Coeficiente de Digestibilidad Aparente de proteína cruda del Alimento corregida (CDAPCcorr) por la Pérdida de proteína (%PP):

$$\% \text{ CDAPCcorr} = 100 - 100 [(\text{proteína en heces} / \text{cromo en heces}) * (\text{cromo en dieta} / \text{proteína dieta}) * 1/(1-\% \text{PP}/100)]$$

Coeficiente de Digestibilidad aparente de AA de la dieta corregida (CDAAAcrr) por la pérdida de AA (%PAA):

$$\% \text{ CDAAAcrr} = 100 - 100 \left[\frac{\text{(aminoácido en heces / cromo en heces)} * (\text{cromo en dieta} / \text{aminoácido dieta}) * 1}{(1 - (\% \text{PAA} / 100))} \right]$$

El coeficiente de digestibilidad aparente de energía (CDAEcorr) fue corregido por la PMS de los alimentos, empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CDAEcorr} = 100 - 100 \left[\frac{(\text{cromo en dieta} / \text{energía en dieta}) * (\text{energía en heces} / \text{cromo en las heces}) * 1}{(1 - \% \text{PMS} / 100)} \right]$$

Los cálculos de diferencias entre CDAPC y CDAAA se realizaron restándole el CDAPC al CDA de cada aminoácido individual.

5.6.4. Análisis estadísticos

Los valores de digestibilidad aparente de MS, energía, PC, AA, así como el TVN, digestibilidad *in vitro* de proteína en harinas de pescado fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía para establecer la significancia de las diferencias entre los tratamientos evaluados, y a un análisis múltiple de medias por el método de Duncan para separar las medias de los tratamientos en grupos homogéneos, utilizando el paquete computacional SPSS para sistema operativo windows versión 16. Adicionalmente se realizaron estudios de correlación entre el contenido de

nitrógeno digestible versus la suma de AA totales digestibles de los diferentes ingredientes.

6. RESULTADOS

6.1. Harinas de Pescado

6.1.1. Composición proximal en harinas de pescado.

El contenido de proteína cruda osciló entre 59.7 y 67.5%, la harina de pescado con mayor contenido de proteína cruda fue la HP2 con 73.5% y las harinas con menor contenido fueron la HP7 y HP9 (63.3 y 66.1%, respectivamente). El de lípidos varió entre 6.8 y 12.4%, la HP6 tuvo el contenido mayor de lípidos (13.5%) y la HP1 presento el valor mas bajo de lípidos con 8.9%. El contenido de ceniza oscilo entre 15.4 y 21.7%, el contenido mayor fue para la HP1 mientras que 3 harinas de pescado mostraron los valores mas bajos (HP3: 15.4%; HP9 y HP10 ambas con 15.7%). y la energía vario entre 4.39 y 5.10 Kcal/g (tabla 8).

6.1.2. Contenido de nitrógeno volátil total (TVN) en harinas de pescado

Los valores del índice de frescura o nitrógeno volátil total (TVN) oscilaron entre 15.6 y 77.6 mg de TVN / 100g, es evidente que las harinas secadas con flama directa presentaron los valores más bajos de TVN (HP8 y HP10 con 15.6 mg / 100g y la HP2 con 19.4 mg de TVN / 100g) los resultados se presentan en la tabla 8.

6.1.3. Contenido de calcio, fósforo y metales pesados en harinas de pescado

El contenido de calcio en las HP osciló entre 3.95 y 8.10%, mientras el fósforo presentó valores entre 2.44 y 3.91%, los contenidos de plomo y mercurio en las HP fueron muy bajos, inferiores al límite de detección del equipo analítico, mientras que los niveles de arsénico total oscilaron entre 0.8 y 3.30 mg / kg (tabla 9).

6.1.4. Contenido de AA en harinas de pescado

Los perfiles de AA de las HP (tabla 10) fueron muy uniformes, las HP mostraron diferencias en la concentración de AA inferiores al 5% con respecto al valor promedio, sin embargo, AA como glicina, cistina, prolina e histidina presentaron diferencias relativas superiores al 10% para algunas HP (HP2, HP8 y HP10). Los resultados de AA se presentan en la tabla 10, así mismo se presentan los límites del intervalo de confianza a 95%, calculados a partir de la base de datos AminoDat 3.0 (Hess *et al.*, 2006) para productos similares (n=585). Los porcentajes de contribución de AA (AA/PC) oscilaron entre 84.4 y 89.4%

Tabla 8.- Composición proximal (% , BS), densidad energética (Kcal/g) y contenido de nitrógeno volátil total (mg / 100g BS) de harinas de pescado

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
PC	73.5 ± 0.1 ^{ab}	73.5 ± 0.1 ^a	69.7 ± 0.2 ^c	70.3 ± 0.4 ^c	73.9 ± 1.6 ^{ab}	72.5 ± 0.2 ^{bc}	63.3 ± 0.3 ^d	71.7 ± 0.2 ^{ab}	66.1 ± 0.3 ^d	72.9 ± 0.1 ^{ab}
GC	8.9 ± 0.3 ^c	12.4 ± 0.1 ^{ab}	10.8 ± 0.7 ^c	12.3 ± 0.7 ^{bc}	7.3 ± 0.5 ^{ab}	13.5 ± 0.7 ^a	10.1 ± 0.1 ^c	10.0 ± 0.1 ^c	12.1 ± 0.8 ^{ab}	12.5 ± 0.4 ^{ab}
FC*	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ceniza	21.7 ± 0.1 ^e	15.4 ± 0.3 ^a	20.2 ± 0.3 ^d	20.9 ± 0.3 ^d	20.4 ± 0.4 ^d	17.9 ± 0.3 ^c	20.0 ± 0.1 ^d	16.1 ± 0.1 ^b	15.7 ± 0.0 ^b	15.7 ± 0.4 ^b
EB	4.4 ± 0.4 ^c	5.1 ± 0.4 ^a	4.6 ± 0.0 ^{bc}	4.6 ± 0.0 ^{bc}	4.9 ± 0.0 ^{ab}	4.6 ± 0.0 ^{bc}	4.6 ± 0.0 ^{bc}	4.9 ± 0.0 ^{ab}	4.5 ± 0.1 ^a	4.5 ± 0.2 ^{bc}
TVN	36.1 ± 3.8 ^b	19.4 ± 2.8 ^a	56.1 ± 1.1 ^c	57.1 ± 1.1 ^c	58.3 ± 0.5 ^c	77.6 ± 4.7 ^d	30.5 ± 1.8 ^b	15.6 ± 0.6 ^a	50.2 ± 11.0 ^c	15.6 ± 1.8 ^a

n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indica diferencias de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$), PC: proteína cruda, GC: grasa cruda, FC: fibra cruda (*se realizó el análisis y no se detectó), EB: energía bruta, TVN: nitrógeno volátil total

Tabla 9.- Contenidos de Calcio (%), Fósforo (%) y Arsénico (mg/kg), en harinas de pescado

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Calcio	7.4	3.9	4.7	5.2	6.1	4.5	8.1	4.4	4.9	5.3
Fósforo	3.7	2.4	2.9	3.1	3.5	2.7	3.9	2.8	2.9	2.9
Arsénico	1.0	1.1	1.4	2.1	1.2	0.8	2.0	2.2	3.3	2.4

Tabla 10.- Contenidos de AA en las harinas de pescado (% BS)

	AminoDat*	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Arginina	2.4 – 5.1	4.43	4.29	4.03	4.13	4.34	4.11	3.71	4.14	3.75	4.29
Fenilalanina	1.7 – 3.4	2.90	3.05	2.63	2.73	3.06	2.97	2.64	2.96	2.70	3.07
Histidina	0.7 – 2.6	1.90	2.34	1.87	1.93	2.09	2.03	1.80	2.03	1.86	2.18
Isoleucina	1.6 – 3.5	2.97	3.34	2.62	2.72	3.23	3.18	2.74	3.06	2.89	3.36
Leucina	2.9 – 6.2	5.27	5.71	4.86	5.05	5.57	5.37	4.84	5.46	4.93	5.69
Lisina	2.6 – 6.6	5.83	6.02	5.22	5.41	5.92	5.60	4.63	5.66	5.14	5.88
Metionina	1.0 – 2.4	2.06	2.11	1.80	1.85	2.16	2.01	1.63	1.99	1.82	2.08
Treonina	1.7 – 3.5	3.00	3.12	2.81	2.92	3.19	3.02	2.80	3.10	2.76	3.19
Valina	2.1 – 4.1	3.60	3.99	3.19	3.32	3.88	3.66	3.18	3.64	3.40	3.97
∑AAE	16.8 – 37.6	32.0	34.0	29.0	30.1	33.4	31.9	28.0	32.0	29.2	33.7
Á. Aspártico	3.8 – 7.8	6.78	7.03	6.20	6.44	6.92	6.66	5.88	6.78	6.16	6.99
Á. Glutámico	5.4 – 10.9	9.48	9.53	8.51	8.83	9.28	9.00	7.55	9.18	8.34	9.18
Alanina	3.0 – 5.2	4.74	4.50	4.31	4.46	4.49	4.65	4.23	4.35	4.11	4.51
Cistina	0.3 – 0.9	0.55	0.65	0.58	0.59	0.67	0.64	0.52	0.59	0.55	0.64
Glicina	2.8 – 6.4	5.31	4.20	4.67	4.81	4.50	4.40	4.44	4.21	3.94	4.34
Prolina	2.0 – 4.1	3.43	2.85	3.07	3.11	3.08	2.88	2.93	2.82	2.71	3.01
Serina	1.6 – 3.5	2.70	2.82	2.67	2.76	2.98	2.69	2.55	2.87	2.45	2.87
∑AAT	35.8 – 76.2	64.9	65.5	59.1	61.1	65.4	62.9	56.0	62.8	57.5	65.3
PC	50.4 – 84.2	73.5	73.5	69.6	70.3	73.9	72.4	63.3	71.7	66.1	72.9
AA/PC (%)		88.3	89.2	84.8	86.8	88.5	86.8	88.5	87.7	87.0	89.4

Porcentaje de contribución de AA (AA/PC); *Rango base de datos AminoDat límite inferior y superior con una n = 585 (Hess *et al.*, 2006); AAE.- AA esenciales; ∑AAE.- suma de AA esenciales; ∑AAT.- suma de AA totales; PC: proteína cruda

6.1.5. Composición química y contenido de AA en dietas experimentales con harinas de pescado

El perfil de AA analizados de las dietas experimentales de harinas de pescado se exhibe en la tabla 11. Siendo muy cercanos a los valores esperados (calculados desde los contenidos analizados en los ingredientes), con diferencias relativas inferiores al 5% para AA individuales. Todas las dietas experimentales con harinas de pescado contenían mayor cantidad de aminoácidos esenciales (17.8 a 20%) y totales (38 a 41.9%) que la dieta de referencia (12.9% para aminoácidos esenciales y 29.7% para totales). Los porcentajes de participación (AA/PC) fueron muy altos en las dietas experimentales teniendo el valor más alto para la dieta con HP10 (100%) y el valor más bajo para la dieta de referencia (92%)

6.1.6. Pérdidas de nutrientes por lixiviación en dietas experimentales con harinas de pescado

Las pérdidas de nutrientes después de 1 hora de inmersión en el agua fueron generalmente inferiores en la dieta de referencia que en las dietas con harina de pescado, con 4% de pérdidas de AA totales en la dieta de referencia y con un rango de 23% (DHP4) a 34 % (DHP10) en las dietas prueba (tabla 12.). Metionina, lisina e histidina presentaron las pérdidas mayores con valores promedio de 41, 39 y 37% respectivamente, siendo metionina significativamente más lixiviada que cualquier otro aminoácido (Duncan, $\alpha = 0.05$). El aminoácido que menos pérdidas en el agua presento fue valina con 13% promedio:

Tabla 11.- Composición química (% , BS) densidad energética (cal/g, BS) y contenido de AA (% , BS) de las dietas experimentales con harinas de pescado

	DR	DHP1	DHP2	DHP3	DHP4	DHP5	DHP6	DHP7	DHP8	DHP9	DHP10
Proteína	32.3	42.3	42.4	41.1	41.4	42.3	41.7	39.5	41.6	40.1	41.5
Lípidos	9.7	7.8	11.8	11.0	11.2	10.5	7.4	8.6	9.8	11.6	10.2
Fibra	3.6	2.1	2.6	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.3
Ceniza	11.3	14.5	11.9	12.4	13.3	13.8	13.3	14.1	12.4	13.2	12.3
Extracto libre de nitrógeno	43.1	33.3	31.3	33.1	31.8	31.2	35.4	35.7	34.1	32.9	33.7
Energía bruta	4477	4162	4326	4350	4214	4242	4338	4151	4479	4379	4484
Arginina	2.0	2.8	2.6	2.7	2.7	2.8	2.7	2.5	2.7	2.6	2.8
Fenilalanina	1.5	2.0	1.9	2.0	1.9	2.1	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0
Histidina	0.7	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.1	1.1	1.2
Isoleucina	1.2	1.8	1.8	1.9	1.7	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.9
Leucina	2.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.4	3.3	3.1	3.2	3.1	3.3
Lisina	1.8	3.1	3.0	3.1	3.0	3.2	3.1	2.7	3.0	2.9	3.2
Metionina	0.7	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
Treonina	1.2	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9
Valina	1.5	2.2	2.2	2.3	2.1	2.3	2.2	2.1	2.1	2.1	2.3
∑AAE	12.9	19.0	18.7	19.4	18.6	20.0	19.4	17.8	18.8	18.5	19.8
Ácido Aspártico	2.9	4.1	4.0	4.2	4.0	4.3	4.1	3.8	4.1	4.0	4.2
Ácido Glutámico	5.9	7.1	7.0	7.1	6.9	7.2	7.0	6.5	6.9	6.8	7.1
Alanina	1.8	2.7	2.5	2.7	2.6	2.7	2.7	2.5	2.5	2.6	2.7
Cistina	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5
Glicina	2.1	3.0	2.6	2.7	2.9	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8
Prolina	2.3	2.6	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5
Serina	1.4	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.9	1.8	1.9
∑AAT	29.7	40.8	39.5	40.8	40.0	41.9	40.9	38.0	39.7	39.2	41.5
AA/PC	92.0	96.5	93.2	99.3	96.6	99.1	98.1	96.2	95.4	97.8	100.0

DR: dieta de referencia; DHP1, DHP2, DHP3, DHP4, DHP5, DHP6, DHP7, DHP8, DHP9 Y DHP10: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente; EAA AA esenciales; AA AA; ∑AAE suma de AAE; ∑AAT suma de AA totales

Tabla 12.- Pérdidas de nutrientes dietarios después de 1 hora de inmersión en agua marina (% del contenido inicial) en dietas con HP

	DR	DHP1	DHP2	DHP3	DHP4	DHP5	DHP6	DHP7	DHP8	DHP9	DHP10	Promedio dietas prueba*
Materia seca	2	5	8	6	4	9	8	9	12	7	4	7 ^a
Proteína cruda	19	25	25	23	19	25	25	26	28	26	22	25efg
Energía	26	19	25	24	20	25	25	23	32	28	27	25efg
Arginina	26	26	29	26	29	28	26	30	29	31	29	28h
Fenilalanina	17	20	19	27	13	22	29	18	29	21	40	21cd
Histidina	29	34	40	32	39	37	37	37	39	41	39	37jk
Isoleucina	15	20	22	31	8	21	30	18	28	17	46	24cd
Metionina	33	42	35	45	28	38	47	32	45	37	63	41 k
Leucina	17	22	20	28	12	23	29	18	31	19	47	25efg
Lisina	34	38	33	39	27	37	44	26	44	34	64	39i
Treonina	18	21	23	20	25	23	21	26	26	26	24	23cdef
Valina	6	10	9	16	0	10	14	6	18	6	40	13b
∑AAE	21	25	24	29	19	26	30	22	32	25	44	28g
Ácido Aspártico	15	20	22	19	23	20	18	24	23	24	21	21cd
Ácido Glutámico	14	19	21	19	22	21	18	24	24	23	22	21cd
Alanina	21	22	24	23	26	24	23	27	26	28	24	25efg
Cistina	21	32	21	20	24	22	20	22	24	26	21	22cd
Glicina	32	32	35	33	35	34	32	35	35	36	33	34h
Prolina	32	30	36	34	37	34	32	37	36	37	34	35i
Serina	19	22	22	17	27	24	21	25	27	27	24	24cd
∑AAT	21	24	25	26	23	25	26	25	29	26	34	26fg

DR: dieta de referencia; DHP1, DHP2, DHP3, DHP4, DHP5, DHP6, DHP7, DHP8, DHP9 Y DHP10: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente; ∑AAE: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales.

*Análisis de varianza entre pérdidas de AA: P<0.001; letras diferentes en la columna del promedio representan diferencias estadísticas entre nutrientes de los ingredientes con la prueba múltiple de medias Duncan (P<0.05).

6.1.7. Contenido de nutrientes y óxido de cromo en heces con harinas de pescado

Los contenidos de óxido de cromo, energía, proteína cruda (tabla 13) y AA (tabla 14 y 15) en las heces fueron bastante reproducibles entre los tanques replicados que recibieron la misma dieta, con coeficientes de variación generalmente por debajo de 5%, siendo el valor mayor 9%. El contenido de óxido de cromo en las heces osciló entre 3.4% y 5.8%. El aminoácido esencial con mayor concentración en las heces fue leucina (rango de 1.2 a 2.1%) y los de menor concentración en las heces fueron histidina y metionina.

Tabla 13. Contenido de Óxido de cromo (%), energía (cal/g) y proteína cruda (%) en heces (harinas de pescado)

	HDR	HHP1	HHP2	HHP3	HHP4	HHP5	HHP6	HHP7	HHP8	HHP9	HHP10
Cr ₂ O ₃	5.0	5.8	3.4	3.5	3.6	3.9	3.8	5.6	3.5	4.0	3.7
SD	0.3	0.4	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1
CV	6	6	1	3	4	7	9	4	7	5	4
Energía	2960	2803	3062	3082	2808	2661	3063	3329	3131	2942	2986
SD	44	116	56	87	98	55	56	253	151	39	177
CV	2	4	2	3	3	3	2	8	5	1	6
PC	27.4	33.4	35.0	33.5	31.6	32.6	33.6	33.5	37.5	32.4	35.6
SD	1.2	0.3	0.4	0.6	0.6	0.9	0.8	0.6	1.0	1	1
CV	4	1	1	2	2	3	2	2	3	3	2

n = 4 acuarios replicados; HDR: heces dieta de referencia; HHP1 hasta HHP10: corresponden a las heces de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente; Cr₂O₃: Óxido de cromo, PC: proteína cruda, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 14. Contenido de AA esenciales (g/100 g BS) en heces (harinas de pescado)

	HDR	HHP1	HHP2	HHP3	HHP4	HHP5	HHP6	HHP7	HHP8	HHP9	HHP10
Arginina	1.4	1.3	1.2	1.5	1.4	1.6	1.7	1.4	1.4	1.5	1.5
SD	0.04	0.04	0.1	0.1	0.1	0.02	0.1	0.02	0.03	0.04	0.1
CV	2	3	4	4	3	1	4	1	2	3	3
Fenilalanina	1.2	1.2	1.0	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.1	1.3	1.2
SD	0.04	0.01	0.02	0.04	0.04	0.1	0.1	0.01	0.01	0.04	0.03
CV	3	1	2	3	3	4	4	1	1	3	2
Histidina	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6
SD	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
CV	4	1	5	5	5	6	4	1	1	3	2
Isoleucina	1.0	1.0	0.7	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	0.9	1.2	1.1
SD	0.04	0.02	0.04	0.1	0.1	0.02	0.1	0.02	0.01	0.03	0.04
CV	4	2	6	4	6	2	5	2	1	3	4
Leucina	1.7	1.6	1.2	2.0	1.7	1.9	2.1	1.9	1.2	2.0	1.7
SD	0.1	0.02	0.1	0.1	0.1	0.03	0.1	0.02	0.1	0.1	0.1
CV	3	2	6	4	6	2	5	1	6	4	5
Lisina	1.2	1.1	0.9	1.5	1.2	1.4	1.6	1.4	1.1	1.4	1.4
SD	0.04	0.03	0.1	0.1	0.1	0.04	0.1	0.02	0.1	0.1	0.1
CV	4	3	9	5	6	3	5	2	5	3	4
Metionina	0.6	0.6	0.4	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7
SD	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02
CV	6	3	9	4	5	4	4	2	2	4	3
Treonina	1.1	1.1	0.9	1.2	1.1	1.2	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2
SD	0.03	0.01	0.04	0.04	0.1	0.02	0.1	0.02	0.01	0.03	0.03
CV	3	1	4	4	4	1	5	1	1	3	3
Valina	1.3	1.2	1.0	1.5	1.3	1.4	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3
SD	0.1	0.02	0.04	0.1	0.1	0.03	0.1	0.02	0.01	0.03	0.1
CV	4	2	4	4	5	2	4	2	1	2	4

HDR: heces dieta de referencia; HHP1 hasta HHP10: corresponden a las heces de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 15. Contenido de AA no esenciales (g/100 g BS) en heces (harinas de pescado)

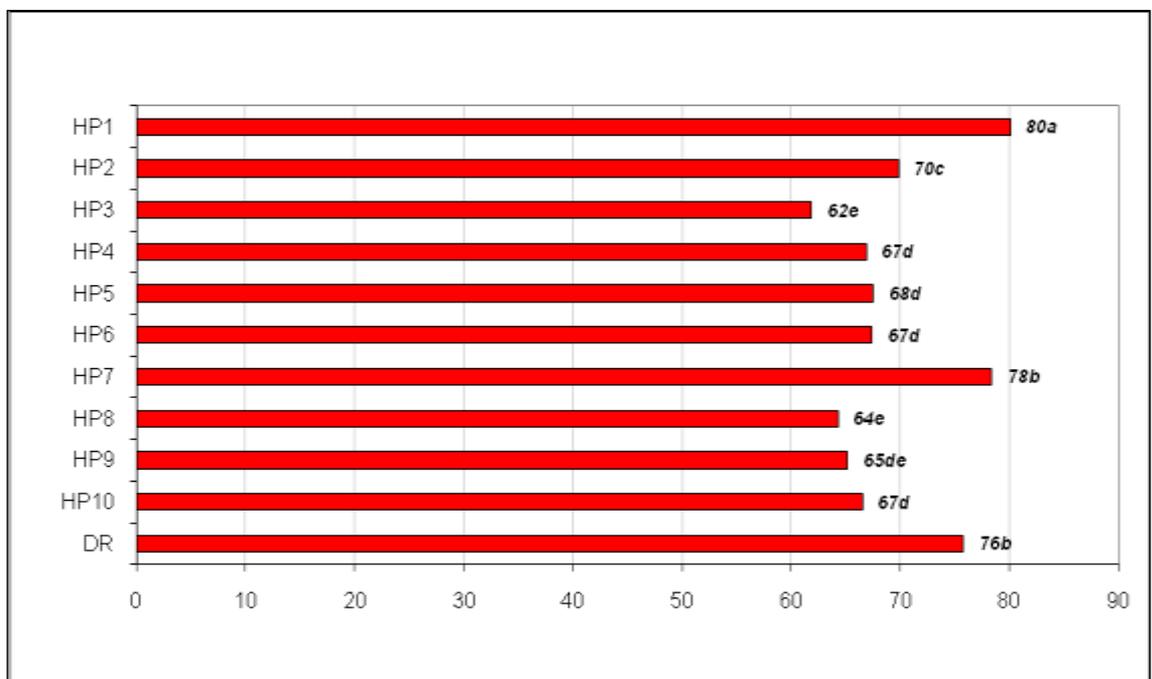
	HDR	HHP1	HHP2	HHP3	HHP4	HHP5	HHP6	HHP7	HHP8	HHP9	HHP10
Ácido aspártico	2.4	2.3	2.0	2.8	2.5	2.7	2.9	2.7	2.3	2.6	2.6
SD	0.1	0.04	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.04	0.1	0.1
CV	3	2	3	4	4	2	5	1	2	3	3
Ácido glutámico	3.1	2.9	2.6	3.5	3.1	3.4	3.8	3.3	2.9	3.2	3.4
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.04	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	3	3	2	4	5	1	6	2	3	2	4
Alanina	1.7	1.6	1.4	1.9	1.8	1.9	2.0	1.8	1.7	1.9	1.8
SD	0.04	0.02	0.04	0.1	0.1	0.02	0.1	0.02	0.03	0.04	0.04
CV	3	1	3	3	3	1	4	1	2	2	2
Cistina	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.32	0.3	0.3	0.3
SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
CV	2	2	2	4	1	2	4	4	6	4	3
Glicina	2.5	2.2	2.0	2.4	2.5	2.6	2.4	2.3	2.6	2.3	2.5
SD	0.03	0.1	0.1	0.1	0.02	0.1	0.1	0.03	0.1	0.04	0.04
CV	1	2	3	4	1	4	2	1	3	2	2
Prolina	1.6	1.4	1.3	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6
SD	0.02	0.04	0.03	0.1	0.02	0.1	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
CV	2	3	2	4	1	5	2	2	3	2	2
Serina	1.2	1.1	0.9	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.1
SD	0.02	0.01	0.03	0.03	0.1	0.02	0.1	0.01	0.01	0.03	0.03
CV	2	1	4	2	4	1	4	1	1	3	3
∑AAE	10.1	9.5	7.7	11.7	10.4	11.2	12.3	11.0	9.1	11.0	10.7
SD	0.3	0.2	0.3	0.5	0.5	0.2	0.6	0.1	0.1	0.3	0.3
CV	3	2	5	4	5	2	5	1	1	3	3
∑AAT	22.8	21.5	18.2	25.4	23.2	25.1	26.4	24.0	21.7	24.0	23.9
SD	0.6	0.4	0.5	0.8	0.8	0.4	1.1	0.3	0.3	0.5	0.6
CV	3	2	3	3	4	2	4	1	2	2	3

HDR: heces dieta de referencia; HHP1 hasta HHP10: corresponden a las heces de las dietas experimentales de las diferentes harinas de pescado, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

6.1.8. CDA de MS, energía y PC en dietas experimentales con harinas de pescado

Los CDA de materia seca en las dietas experimentales oscilaron entre 62 y 80%; la dieta con HP1 presento la digestibilidad aparente de materia seca mayor (80%), seguida de la dieta con HP7 (78%), finalmente ocho dietas con harina de pescado presentaron coeficientes inferiores a la dieta de referencia (76%) ver figura 1.

Figura 1. Coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca en dietas experimentales con harinas de pescado (%).

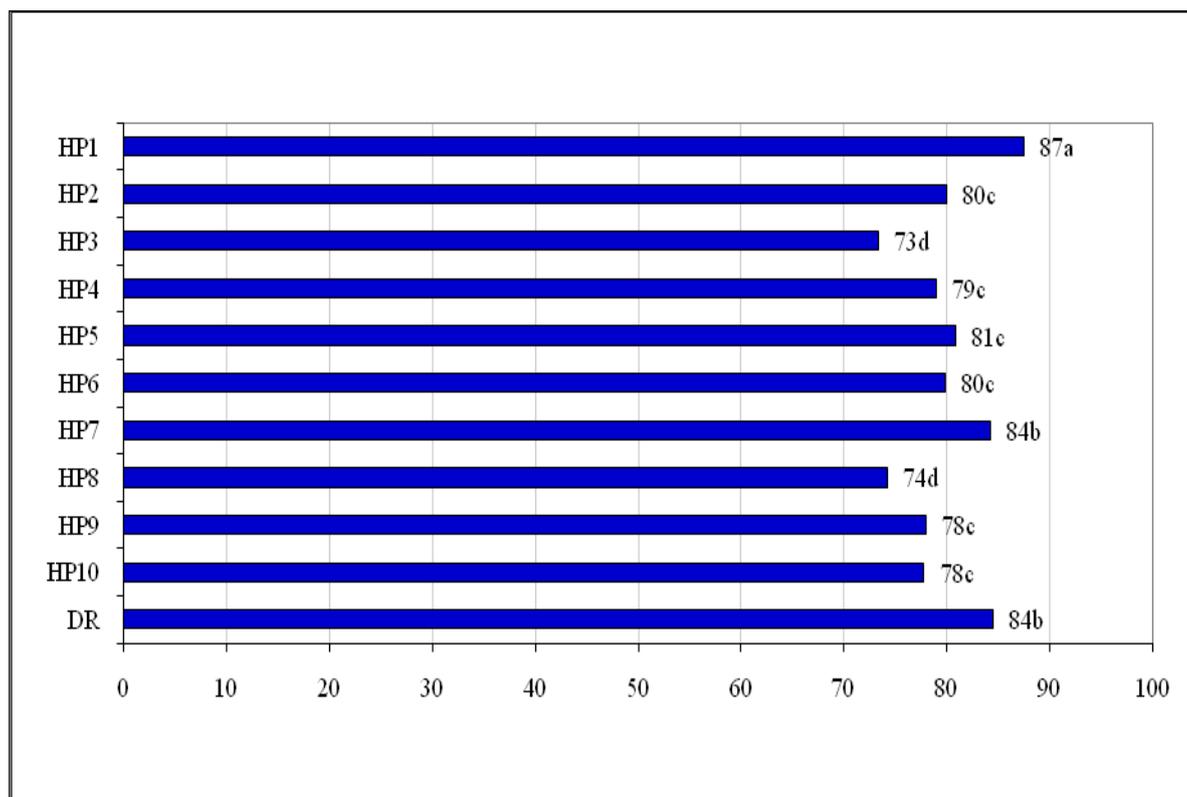


Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05\%$) de acuerdo análisis de comparación de medias (Duncan).

Los CDA de energía en las dietas experimentales variaron desde 72 hasta 87%, la dieta con HP1 tuvo el coeficiente más alto, seguida de la dieta de referencia y la dieta con HP7 (84%) las dietas con HP3 y HP4 tuvieron los coeficientes más bajos (73 y 74%) ver figura 2.

El coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda osciló entre 67 y 85%, el coeficiente mayor correspondió a la dieta con HP1, el coeficiente más bajo fue para la dieta con HP8, los resultados se muestran en la figura 3.

Figura 2.- Coeficiente de digestibilidad aparente de energía en dietas experimentales con harina de pescado (%).

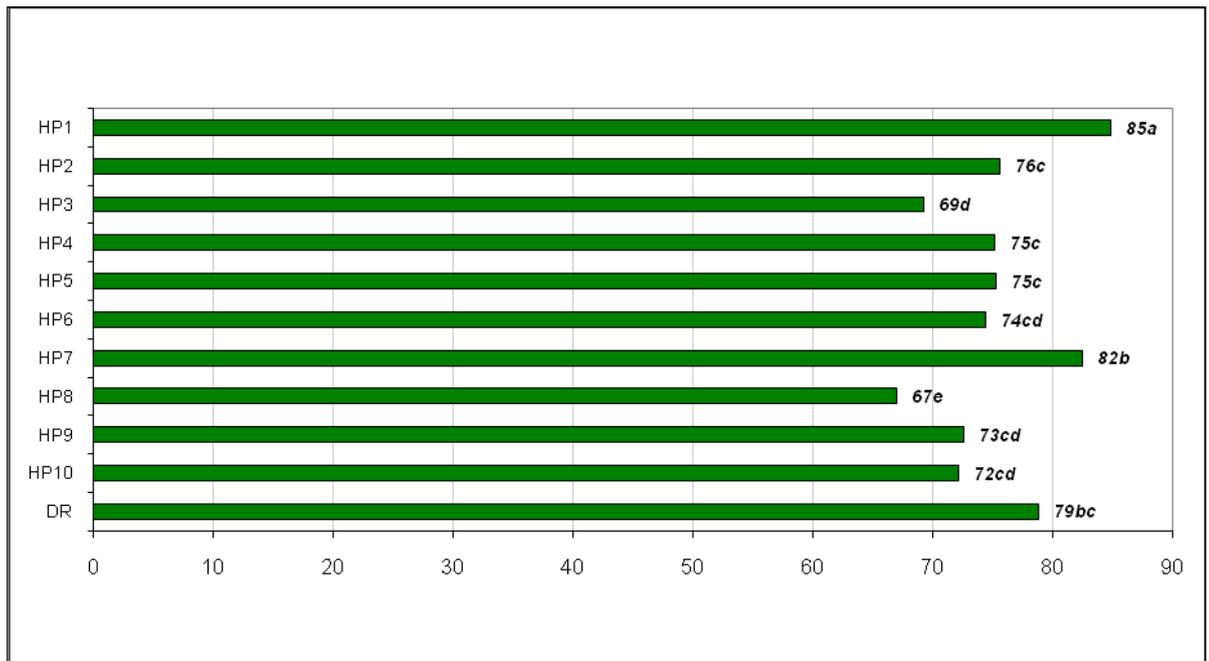


Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05\%$) entre las harinas de pescado de acuerdo a un análisis de comparación de medias (Duncan).

6.1.9. CDA de AA en dietas experimentales

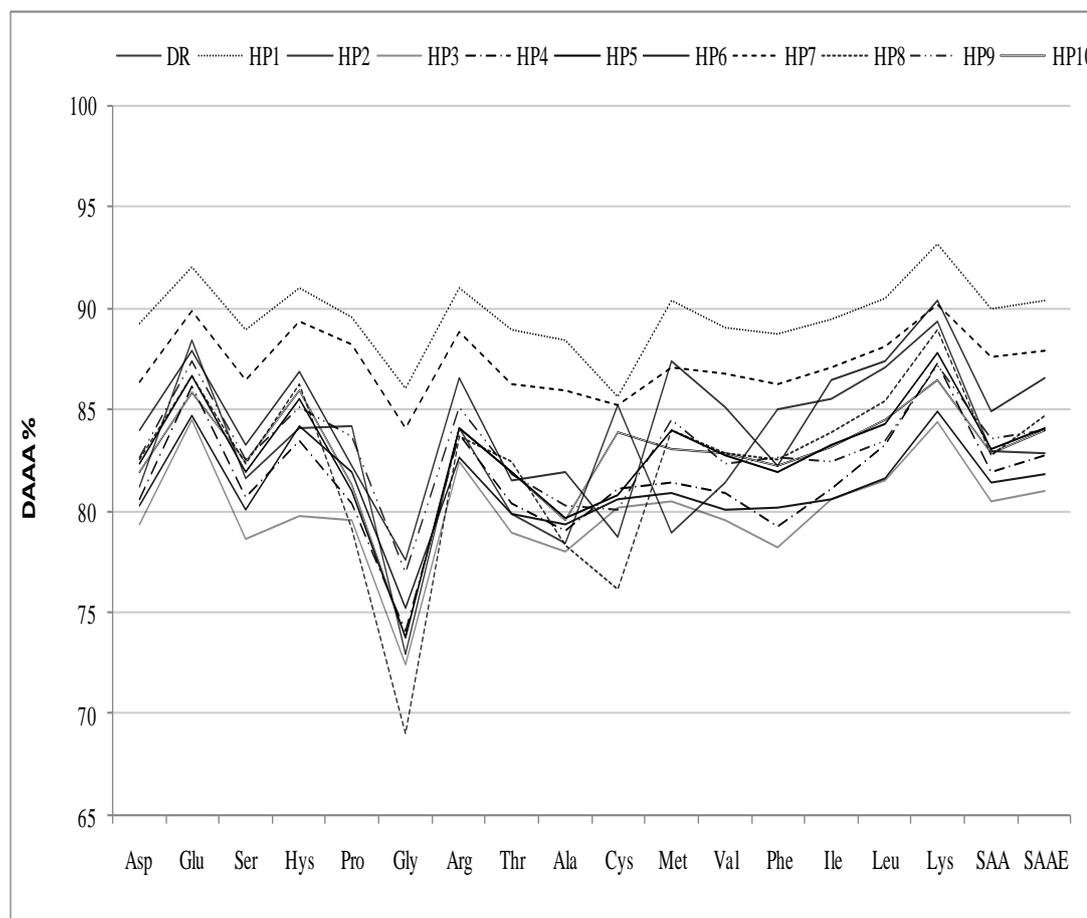
Las dietas experimentales presentaron un rango de digestibilidad aparente de la suma de AA muy estrecho (81 a 90%), sin embargo, hubo AA con digestibilidades particularmente bajas como glicina (76% promedio); mientras que los AA más digestibles en las dietas fueron: lisina (88%), ácido glutámico (87%), histidina (86%), arginina (85%) y leucina (85%). Cisteína fue el aminoácido que presentó más variaciones en cuanto a los coeficientes de digestibilidad de las dietas. En la figura 4 se presentan los CDA para cada aminoácido de las 11 dietas experimentales.

Figura 3.- Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína cruda en dietas experimentales con harinas de pescado (%)



Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05\%$) acordes a un análisis de comparación de medias (Duncan).

Figura 4.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA (%) en dietas experimentales con harinas de pescado.



6.1.10. CDA de MS, energía y PC de harinas de pescado

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de las harinas de pescado evaluadas, obtenidos por cálculos estándar (sin ajustes por pérdida prepandeales de nutrientes), son propuestos en la tabla 17. Los coeficientes CDAMS en las HP fluctuaron entre 50 (HP2) y 90% (HP1), el CDA de materia seca de la HP7 fue 88% y el resto de las harinas de pescado tuvieron coeficientes inferiores al 67%. El CDAPC en las HP fluctuó entre 66 (HP8) y 93% (HP1), la HP7 tuvo 88% seguido de HP9 y HP5 (82 y 80%, respectivamente) y el CDAE en las HP osciló entre 65 (HP8) y 93% (HP1).

6.1.11. Digestibilidad *in vitro* (Torry modificado) en harinas de pescado

La digestibilidad de proteína *in vitro* (Torry modificado pepsina al 0.0002%): se presentan en la tabla 16 y podemos notar que el resultado más bajo fue de la harina de atún aleta amarilla (HP7) con 56.6%, el más alto fue de una harina de sardina entera secada a vapor (HP3) registrando 86.2%.

6.1.12. CDA de AA de harinas de pescado

Los CDAAA individuales en la dieta de referencia oscilaron entre 73 y 89%. Las digestibilidades aparentes de la mayoría de los AA individuales fueron mayores en las HP que en la dieta de referencia ($\sum AAE = 85$ vs 82 y $\sum AAT = 87$ vs 83 ; respectivamente). Los coeficientes de digestibilidad aparente de AA totales (CDAAAT) en las HP variaron entre 78 y 97%. Solamente dos HP (HP1 y HP7) presentaron CDAAAT >90%, mientras la mayoría de las HP (7 harinas) presentaron CDAAAT entre 80 y 87%; el CDAAAT más bajo fue reportado para la HP3 con 78%. Los AA más digestibles en las HP fueron metionina (89%), lisina e histidina (87%), arginina (86%), treonina y valina (85%) mientras que los menos digestibles fueron fenilalanina (79%), glicina (77%) y cistina (75%). Los coeficientes de digestibilidad de AA individuales se presentan en la tabla 17 y figura 5.

Tabla 16.- CDAMS, CDAPC, CDAE y digestibilidad *in vitro* (%) en harinas de pescado.

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
CDAMS	90 ± 3 ^a	50 ± 1 ^{bc}	58 ± 3 ^{cd}	59 ± 2 ^{cd}	67 ± 2 ^{bc}	64 ± 2 ^{bc}	88 ± 3 ^a	61 ± 5 ^{bc}	64 ± 3 ^b	60 ± 4 ^c
CDAPC	93 ± 1 ^a	72 ± 1 ^{de}	71 ± 1 ^{cd}	78 ± 2 ^{bc}	80 ± 2 ^b	77 ± 3 ^b	88 ± 1 ^a	66 ± 3 ^e	82 ± 2 ^b	71 ± 2 ^{cd}
CDAE	93 ± 2 ^a	66 ± 1 ^{ef}	71 ± 2 ^e	70 ± 2 ^{de}	80 ± 3 ^c	75 ± 4 ^{cd}	85 ± 1 ^b	65 ± 5 ^e	78 ± 2 ^c	71 ± 5 ^{ef}
Dig. <i>in vitro</i> *	74.7 ± 1.6 ^d	81.4 ± 0.2 ^b	86.2 ± 0.1 ^a	70.9 ± 0.2 ^e	71.3 ± 0.4 ^e	81.7 ± 0.1 ^b	56.6 ± 1.2 ^g	65.8 ± 0.1 ^f	75.2 ± 0.6 ^d	79.5 ± 0.5 ^c

n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$), *digestibilidad de proteína cruda *in vitro* Torry modificado.

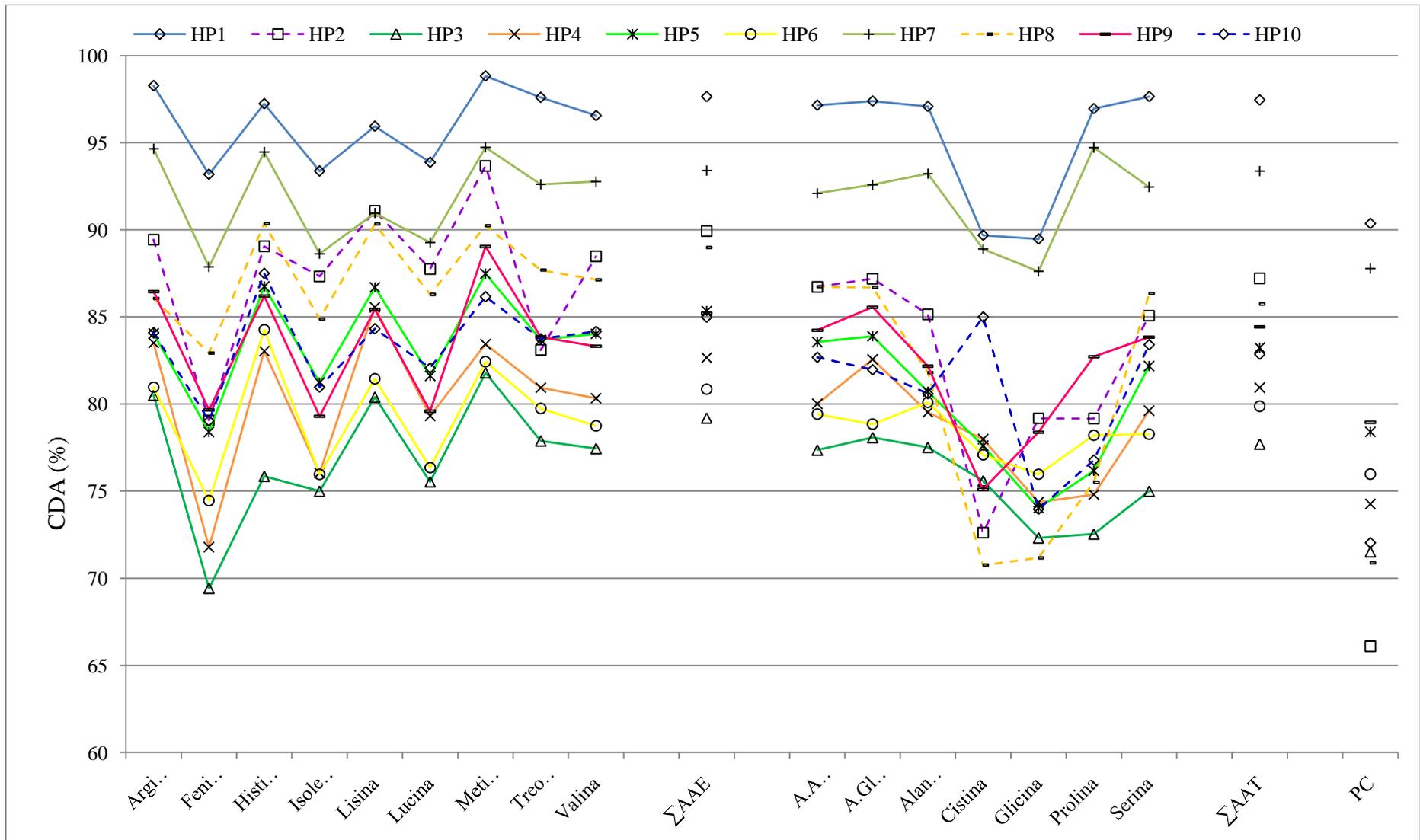
Tabla 17.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA estándar en harinas de pescado (%).

	DR	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Arginina	84 ^{cd} ± 1	98 ^a ± 1	89 ^b ± 5	81 ^d ± 2	84 ^{cd} ± 2	84 ^{cd} ± 2	81 ^d ± 4	95 ^a ± 1	86 ^{bc} ± 3	86 ^{bc} ± 1	84 ^{cd} ± 1

Fenilalanina	85bc ± 2	93a ± 1	79c ± 3	69e ± 2	71de ± 2	78c ± 3	74d ± 4	87b ± 1	82bc ± 3	79c ± 1	79c ± 1
Histidina	84ef ± 1	97a ± 1	89c ± 1	76g ± 2	83f ± 2	87cde ± 2	84ef ± 3	94b ± 1	90cd ± 2	86de ± 1	87cd ± 1
Isoleucina	85bc ± 4	93a ± 1	87b ± 1	75e ± 2	76de ± 3	81c ± 3	76de ± 5	88b ± 1	85c ± 2	79cd ± 5	81c ± 1
Leucina	87b ± 3	94a ± 1	88b ± 1	76e ± 2	79d ± 3	82cd ± 3	76e ± 5	89b ± 1	86c ± 2	80d ± 1	82cd ± 1
Lisina	89bc ± 4	96a ± 1	91b ± 1	80e ± 2	86d ± 2	87cd ± 1	81e ± 3	91b ± 1	90bc ± 1	85d ± 1	84c ± 1
Metionina	79g ± 1	99a ± 1	94b ± 2	82f ± 2	84ef ± 3	87cd ± 2	82f ± 4	95b ± 1	90c ± 2	89c ± 1	86de ± 1
Treonina	80bc ± 1	99a ± 1	83bc ± 5	78c ± 2	81bc ± 3	84bc ± 3	80bc ± 5	93 ^a ± 1	88b ± 5	84bc ± 1	84bc ± 2
Valina	81de ± 1	97a ± 1	88c ± 1	77e ± 2	80de ± 3	84d ± 2	79e ± 5	93b ± 2	87d ± 3	83d ± 1	84c ± 2
∑AAE	82f ± 1	98a ± 1	90c ± 1	79c ± 2	83ef ± 3	85de ± 2	81f ± 4	93b ± 1	89d ± 2	85de ± 1	85de ± 1
Ácido Aspártico	81ef ± 1	97a ± 1	87c ± 1	77f ± 2	80ef ± 3	84cd ± 2	79ef ± 5	92b ± 1	87c ± 3	84cd ± 1	83de ± 2
Ácido Glutámico	88c ± 1	97a ± 1	87c ± 1	78f ± 2	83d ± 3	84cd ± 2	79ef ± 5	93b ± 1	87c ± 3	86cd ± 1	82de ± 2
Alanina	78b ± 1	97a ± 1	85a ± 1	78b ± 2	80b ± 3	81b ± 3	80b ± 4	93 ^a ± 1	82b ± 3	82b ± 1	81b ± 1
Cistina	83ab ± 1	90a ± 3	73c ± 1	76bc ± 1	78b ± 2	78b ± 3	77b ± 4	89 ^a ± 2	71d ± 5	75bc ± 2	85a ± 1
Glicina	73d ± 1	89a ± 2	79c ± 1	72d ± 2	74bcd ± 1	74cd ± 2	76bcd ± 3	88 ^a ± 1	71e ± 4	78bc ± 1	74cd ± 1
Prolina	85ab ± 1	97a ± 1	79bc ± 1	73ef ± 3	75de ± 3	76cde ± 3	78b ± 3	95 ^a ± 1	76f ± 5	83b ± 1	77cd ± 1
Serina	82cd ± 1	98a ± 1	85c ± 1	75f ± 2	80de ± 3	82cd ± 3	78e ± 5	92b ± 1	86c ± 3	84c ± 1	83cd ± 1
∑AAT	83de ± 1	97a ± 1	87c ± 1	78f ± 2	81def ± 2	83de ± 2	80ef ± 4	93b ± 1	86cd ± 3	84de ± 1	83de ± 1

n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas con una P < 0.05 de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan, DR = Dieta de referencia, ∑AAE = suma de AA esenciales, ∑AAT = suma de AA totales

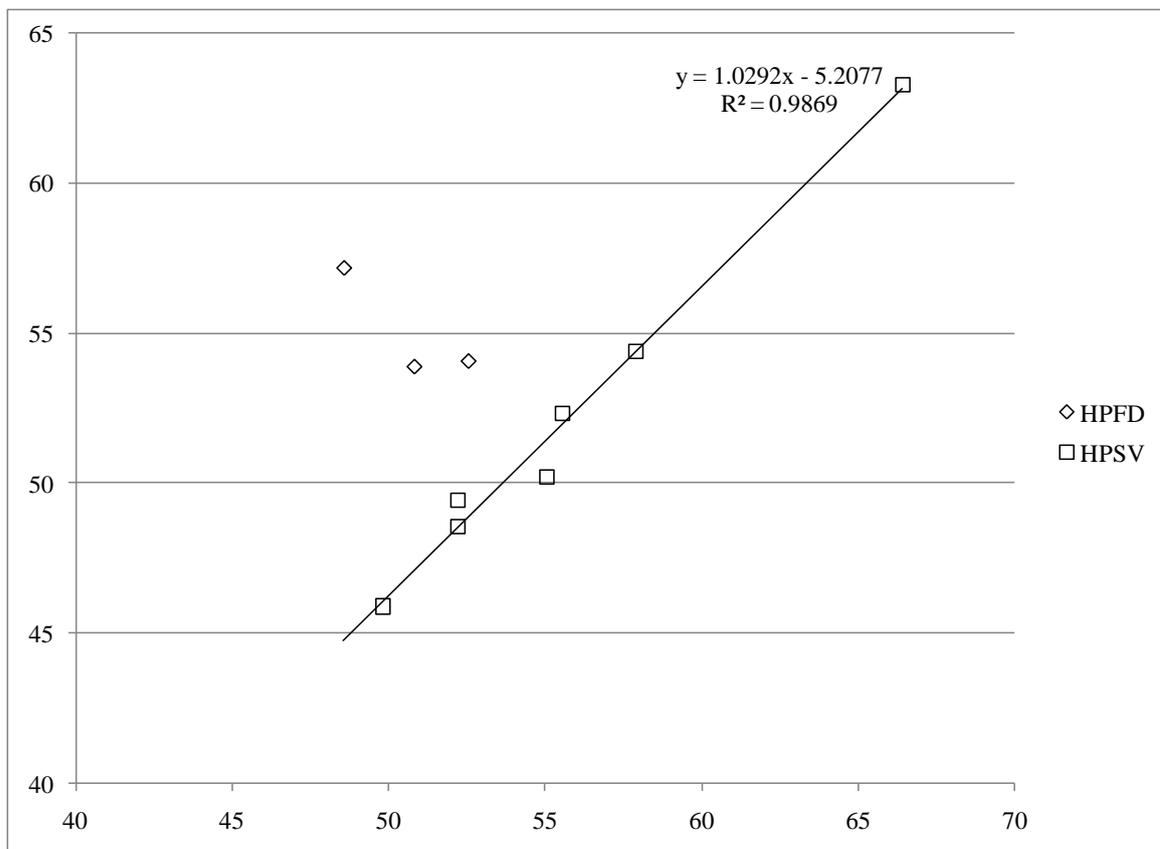
Figura 5.- Coeficiente de digestibilidad aparente de AA en harinas de harinas de pescado (%)



6.1.13. Correlación entre PC digestible y AAT digestibles en harinas de pescado

Se observó una correlación positiva entre la cantidad de proteína cruda (Nx6.25) digestible y la cantidad de AA totales digestibles ($R^2 = 0.9869$) entre las HP secadas a vapor, mientras que las HP que fueron secadas de forma directa la correlación fue de $R^2 = 0.0684$ (Figura 6).

Figura 6.- Correlación entre la proteína cruda digestible (PCD, %) y los AA totales digestibles (AATD, %) en harinas de pescado secadas con vapor (HPSV) comparadas con harinas de pescado secadas con flama directa (HPFD).



6.1.14 Diferencias entre CDAAA y CDAPC en harinas de pescado

Las diferencias promedio entre el CDAAA y el CDAPC fueron menores al 5% en las harinas de pescado con excepción de tres harinas (HP10 = 10%, HP8 = 13% y HP2 = 19%), los valores para los AA se presentan en la tabla 18.

Tabla 18.- Diferencias entre digestibilidad de AA individuales y digestibilidad de proteína cruda (unidades porcentuales) en harinas de pescado.

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10	Promedio
Arginina	8	23	9	9	6	5	7	15	8	12	10
Fenilalanina	2	12	-3	-3	-1	-2	0	12	0	6	2
Isoleucina	3	21	3	1	2	0	0	14	0	9	5
Leucina	4	22	4	5	3	0	1	15	1	10	7
Lisina	6	25	9	11	8	5	3	19	6	12	11
Metionina	8	28	10	9	9	6	7	19	10	14	12
Treonina	7	17	6	7	5	4	5	17	5	12	8
Valina	6	22	6	6	6	3	5	16	4	12	9
Σ AAE	7	24	8	8	7	5	6	18	6	13	10
Ácido Aspártico	7	21	6	6	5	3	4	16	5	11	8
Ácido Glutámico	7	21	7	8	5	3	5	16	7	10	9
Alanina	7	19	6	5	2	4	5	11	3	9	7
Cistina	-1	7	4	4	-1	1	1	0	-4	13	2
Glicina	-1	13	1	0	-4	0	0	0	-1	2	1
Prolina	7	13	1	1	-2	2	7	5	4	5	4
Serina	7	19	3	5	4	2	5	15	5	11	8
Σ AAT	7	21	6	7	5	4	6	15	5	11	9

HP1 hasta HP10: corresponden a las harinas de pescado, respectivamente; Cr₂O₃: Óxido de cromo, Σ EAA: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales

6.1.15. CDAAA ajustados por lixiviación en harinas de pescado

Las diferencias entre los CDAAA estándar menos los CDAAA corregidos por lixiviación son presentados en la Tabla 19. Los CDAAA estándar fueron sobreestimados en todas las harinas de pescado, la HP1 presentó el ajuste menor (1%) y la HP9 mostró el ajuste mayor (10%). Los AA que fueron sobreestimados en mayor medida fueron: prolina 14%, glicina 12%, lisina e histidina con 9%. Glicina y prolina no tuvieron ajuste promedio. Los CDAAA corregidos por lixiviación son presentados en la tabla 20, la HP1 tuvo el mejor

coeficiente (97% promedio, seguida de HP7 (90%) y HP2 (82%), los coeficientes más bajos fueron HP3 y HP4 (70 y 72%, respectivamente). Los aminoácidos con los mejores coeficientes promedio en las harinas de pescado fueron: lisina (85%) y valina (84%) seguidos de leucina, isoleucina, metionina y arginina (81%), el aminoácido menos digestible fue glicina 66%.

Tabla 19.- Diferencias entre CDAAA estándar menos CDAAA corregidos por lixiviación de nutrientes (unidades porcentuales), después de 1 hora de inmersión en agua marina

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10	Promedio
Arginina	12	35	12	13	8	9	11	24	10	15	15
Fenilalanina	4	23	0	-4	2	2	-1	19	0	8	5
Isoleucina	5	33	5	4	6	4	0	24	2	12	10
Leucina	5	33	7	7	6	4	2	25	1	13	10
Lisina	7	35	8	13	9	6	1	29	4	11	12
Metionina	12	40	8	8	10	8	8	28	11	14	14
Treonina	11	27	11	9	8	8	8	27	7	15	13
Valina	11	37	14	16	12	13	10	30	12	20	17
Σ AAE	11	36	11	12	11	9	9	29	9	16	15
Ácido Aspártico	10	33	9	9	9	9	7	26	8	14	13
Ácido Glutámico	11	32	11	11	9	7	6	24	9	12	13
Alanina	11	31	9	8	5	8	9	19	5	12	12
Cistina	3	14	9	6	2	6	4	3	-6	19	6
Glicina	-1	19	-4	-3	-9	-1	0	0	-3	-1	0
Prolina	10	13	-8	-10	-8	1	10	0	-3	-1	0
Serina	11	31	9	6	6	6	8	23	6	14	12
Σ AAT	11	32	9	9	7	8	8	24	7	13	13

Σ AAE: suma de AA esenciales, Σ AAT: suma de AA totales

Tabla.20- Coeficientes de digestibilidad aparente (%) en harinas de pescado corregidos por lixiviación de nutrientes.

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Materia seca	88a ± 3	50bc ± 1	58cd ± 3	59cd ± 2	67bc ± 2	64bc ± 2	88a ± 3	61bc ± 5	64b ± 3	60c ± 4
Energía	93a ± 2	66ef ± 1	71e ± 2	70de ± 2	80c ± 3	75cd ± 4	85b ± 1	65bc ± 5	78c ± 2	71ef ± 5
Proteína cruda	93a ± 3	72de ± 1	71cd ± 1	78bc ± 2	80b ± 2	77b ± 3	88a ± 1	66e ± 3	82b ± 2	71cd ± 2
Arginina	98a ± 1	85b ± 6	74d ± 4	76cd ± 3	77cd ± 3	74d ± 5	92a ± 1	80cd ± 4	78bc ± 1	77cd ± 2
Fenilalanina	90a ± 1	73c ± 4	62e ± 3	59e ± 3	71c ± 3	67d ± 7	80b ± 2	74c ± 4	68d ± 2	70c ± 2
Histidina	97a ± 1	79c ± 2	63g ± 3	68f ± 4	77d ± 3	73e ± 5	92b ± 2	83c ± 3	72de ± 1	77d ± 1
Isoleucina	91a ± 1	82b ± 2	66d ± 3	67d ± 4	75c ± 3	70de ± 7	82b ± 2	79c ± 3	70cd ± 2	74c ± 3
Metionina	98a ± 1	89b ± 3	70f ± 3	70ef ± 4	79cd ± 3	73f ± 7	89b ± 2	83cd ± 4	79c ± 1	76de ± 2
Leucina	91a ± 1	82b ± 2	68e ± 3	70d ± 3	75c ± 3	69e ± 6	83b ± 1	80b ± 3	69e ± 1	75c ± 3
Lisina	93a ± 1	84b ± 2	70d ± 3	76c ± 3	78c ± 2	71d ± 6	83b ± 1	84b ± 2	72d ± 1	73d ± 3
Treonina	97a ± 1	77bc ± 11	72c ± 3	72c ± 4	77bc ± 3	74c ± 6	89b ± 2	82b ± 4	75c ± 2	77bc ± 2
Valina	97a ± 1	86c ± 1	75d ± 3	79cd ± 3	81c ± 3	78e ± 5	92b ± 2	85c ± 3	80c ± 1	82c ± 3
∑AAE	97a ± 1	86c ± 1	72f ± 2	75e ± 3	79d ± 2	75e ± 4	90b ± 1	84c ± 2	77d ± 1	79d ± 1
Ácido Aspártico	96a ± 1	82c ± 1	71e ± 3	72e ± 4	78cd ± 3	74ef ± 6	88b ± 2	81c ± 4	76cd ± 2	76de ± 2
Ácido Glutámico	97a ± 1	82c ± 1	72e ± 2	74d ± 4	78cd ± 3	73ef ± 6	88b ± 2	79cd ± 4	77cd ± 2	74de ± 2
Alanina	97a ± 1	80c ± 7	71e ± 7	71e ± 3	74d ± 3	74d ± 6	91b ± 2	74d ± 5	73d ± 2	74d ± 2
Cistina	89a ± 2	64d ± 2	70c ± 2	69c ± 2	71c ± 4	71c ± 5	86a ± 1	58e ± 7	62d ± 6	81b ± 2
Glicina	85a ± 2	68b ± 9	58d ± 3	60bcd ± 2	60cd ± 3	54e ± 5	81a ± 2	55e ± 6	65bc ± 2	61cd ± 1
Prolina	96a ± 2	62d ± 2	68b ± 4	53e ± 4	53e ± 4	61d ± 7	66b ± 3	65b ± 8	65b ± 2	62d ± 2
Serina	97a ± 2	80c ± 1	70d ± 2	68d ± 3	75cd ± 3	72d ± 6	90b ± 2	79cd ± 4	73d ± 2	76cd ± 2
∑AAT	97a ± 1	82c ± 1	70e ± 3	72e ± 3	76d ± 3	73e ± 6	90b ± 2	79cd ± 4	75d ± 2	76d ± 2

n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas con una P < 0.05 de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan, DR = Dieta de referencia, ∑AAE = suma de AA esenciales, ∑AAT = suma de AA totales

6.1.16. Contenido de AA digestibles en harinas de pescado.

El contenido de AA digestibles de las harinas de pescado se presenta en la tabla 21, siendo evidente que la HP1 fue la que presentó el mayor aporte de AA esenciales y totales digestibles (31.2 y 63.3%, respectivamente), y la HP3 presentó el aporte más bajo de AA esenciales y totales digestibles (23 y 45.9%, respectivamente).

Tabla 21.- Contenido de AA digestibles (estándar) en las harinas de pescado (% BS)

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Arginina	4.36	3.83	3.24	3.45	3.65	3.32	3.52	3.56	3.24	3.61
Fenilalanina	2.68	2.39	1.83	1.94	2.39	2.19	2.30	2.44	2.14	2.41
Isoleucina	2.77	2.90	1.96	2.06	2.61	2.40	2.41	2.59	2.28	2.71
Leucina	4.94	5.01	3.67	4.00	4.55	4.10	4.32	4.71	3.92	4.67
Lisina	5.59	5.48	4.19	4.63	5.13	4.56	4.21	5.11	4.39	4.96
Metionina	2.04	1.98	1.47	1.54	1.89	1.66	1.54	1.80	1.63	1.79
Treonina	2.92	2.60	2.19	2.36	2.67	2.41	2.60	2.71	2.31	2.67
Valina	3.47	3.53	2.47	2.67	3.26	2.88	2.95	3.17	2.83	3.34
Σ AAE	31.19	30.54	23.01	24.85	28.54	25.82	26.11	28.51	24.92	28.65
Ácido Aspártico	6.59	6.10	4.79	5.15	5.78	5.29	5.41	5.88	5.19	5.78
Ácido Glutámico	9.23	8.31	6.65	7.29	7.78	7.09	6.99	7.96	7.13	7.53
Alanina	4.60	3.83	3.34	3.55	3.62	3.72	3.94	3.56	3.38	3.64
Cistina	0.49	0.47	0.44	0.46	0.52	0.49	0.46	0.42	0.41	0.54
Glicina	4.75	3.33	3.38	3.58	3.33	3.35	3.89	3.00	3.09	3.21
Prolina	3.33	2.26	2.23	2.33	2.35	2.25	2.78	2.13	2.24	2.31
Serina	2.64	2.40	2.00	2.20	2.45	2.10	2.36	2.47	2.05	2.40
Σ AAT	63.28	57.17	45.89	49.43	54.40	50.20	52.34	53.89	48.55	54.07

Σ AAE.- suma de AA esenciales; Σ AAT.- suma de AA totales.

6.1.17. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en harinas de pescado

El contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación se presenta en la tabla 22, en la que se puede observar que la HP1 fue la que presentó el mayor aporte de AA esenciales y totales digestibles (31.3 y 60.2%, respectivamente), y la HP3 presentó el aporte más bajo de AA esenciales y totales digestibles (23 y 38%, respectivamente).

Tabla 22.- Contenido de AA digestibles (Corregidos por lixiviación) en las harinas de pescado (% BS)

	HP1	HP2	HP3	HP4	HP5	HP6	HP7	HP8	HP9	HP10
Arginina	4.36	3.83	3.24	3.45	3.65	3.32	3.52	3.56	3.24	3.61
Fenilalanina	2.68	2.39	1.83	1.94	2.39	2.19	2.30	2.44	2.14	2.41
Isoleucina	2.77	2.90	1.96	2.06	2.61	2.40	2.41	2.59	2.28	2.71
Leucina	4.94	5.01	3.67	4.00	4.55	4.10	4.32	4.71	3.92	4.67
Lisina	5.59	5.48	4.19	4.63	5.13	4.56	4.21	5.11	4.39	4.96
Metionina	2.04	1.98	1.47	1.54	1.89	1.66	1.54	1.80	1.63	1.79
Treonina	2.92	2.60	2.19	2.36	2.67	2.41	2.60	2.71	2.31	2.67
Valina	3.47	3.53	2.47	2.67	3.26	2.88	2.95	3.17	2.83	3.34
Σ AAE	31.19	30.54	23.01	24.85	28.54	25.82	26.11	28.51	24.92	28.65
Ácido Aspártico	6.59	6.10	4.79	5.15	5.78	5.29	5.41	5.88	5.19	5.78
Ácido Glutámico	9.23	8.31	6.65	7.29	7.78	7.09	6.99	7.96	7.13	7.53
Alanina	4.60	3.83	3.34	3.55	3.62	3.72	3.94	3.56	3.38	3.64
Cistina	0.49	0.47	0.44	0.46	0.52	0.49	0.46	0.42	0.41	0.54
Glicina	4.75	3.33	3.38	3.58	3.33	3.35	3.89	3.00	3.09	3.21
Prolina	3.33	2.26	2.23	2.33	2.35	2.25	2.78	2.13	2.24	2.31
Serina	2.64	2.40	2.00	2.20	2.45	2.10	2.36	2.47	2.05	2.40
Σ AAT	63.28	57.17	45.89	49.43	54.40	50.20	52.34	53.89	48.55	54.07

Σ AAE.- suma de AA esenciales; Σ AAT.- suma de AA totales.

6.2. Productos de soya

6.2.1. Composición proximal de productos de soya

La composición proximal y los perfiles de AA del ingrediente de referencia y los ingredientes evaluados se presentan en la tabla 23. El contenido de proteína en productos de soya varió desde 23.3 en soya integral (SI) hasta 88.5 g / 100 g de materia seca en aislado de soya (AS), los lípidos oscilaron entre 0.1 y 23.3%, la fibra cruda presentó un rango entre 0.4 y 5%, el extracto libre de nitrógeno varió entre 4.5 y 34.8%, las cenizas oscilaron entre 5.5 y 7.1%. La densidad energética de los ingredientes varió entre 4.58 y 6.01 Kcal/g (tabla 23).

6.2.2. Contenido de AA en productos de soya

El contenido de AA en las muestras evaluadas de productos de soya expresados en % de AA /100 g de materia seca, entra dentro del intervalo de confianza de 95% calculado a partir de la base de datos aminodat 3.0 de Degussa (Hess *et al.*, 2006) para productos similares (soya integral, n=301; pasta de soya 48% proteína cruda, n=493; concentrado proteico de soya 62% proteína cruda, n=32; y asilado de soya 80% proteína cruda, n=11); los perfiles de AA de los cuatro productos de soya fueron casi idénticos. Los resultados de contenido de AA se presentan en la tabla 23.

Tabla 23.- Composición proximal (% BS), densidad energética (Kcal/g) y contenidos de AA en productos de soya (% BS)

	SI	PS	CS	AS
Proteína cruda	38.1	52.0	70.9	88.5
Lípidos	23.3	2.0	0.7	0.1
Fibra	5.0	4.1	3.1	0.4
Ceniza	5.5	7.1	6.7	6.5
ELN	28.1	34.8	18.7	4.5
Energía bruta	6.01	4.58	4.86	5.35
Arginina	2.8	3.7	5.6	6.8
Fenilalanina	2.0	2.7	3.8	4.8
Histidina	1.0	1.4	2.0	2.3
Isoleucina	1.9	2.3	3.4	4.2
Leucina	3.1	4.0	5.8	7.1
Lisina	2.5	2.3	4.7	5.5
Metionina	0.6	0.7	1.0	1.1
Treonina	1.6	2.1	3.0	3.5
Valina	1.9	2.4	5.1	4.3
∑AAE	17.3	22.8	32.8	39.6
Ácido Aspártico	4.6	6.1	8.7	10.8
Ácido Glutámico	7.3	9.7	13.8	17.7
Alanina	1.8	2.3	3.2	3.8
Cistina	0.6	0.7	1.0	1.0
Glicina	1.7	2.2	3.2	3.8
Prolina	2.0	2.6	3.8	4.7
Serina	1.6	2.7	3.9	4.7
∑AAT	37.2	49.2	70.3	86.3
%AA/PC	97.6	94.6	99.2	97.5

ELN: Extracto libre de nitrógeno, ∑AAE: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales, %AA/PC: porcentaje de recuperación de AA; SI: soya integral, PS: pasta de soya, CS: concentrado proteico, AS: aislado de soya

6.2.3. Composición proximal, densidad energética y contenido de AA en dietas experimentales en productos de soya

El perfil proximal y de AA analizados de las dietas experimentales se exhibe en la tabla 24. Siendo muy cercanos a los valores esperados (calculados desde los contenidos analizados en los ingredientes), con diferencias relativas inferiores al 5% para AA individuales, y tan bajos como 2% para suma de AA totales.

Tabla 24.- Composición proximal (% BS), densidad energética (cal/g) y contenidos de AA (% BS) de las dietas experimentales con productos de soya

	DR	DSI	DPS	DCPS	DAS
Proteína	34.8	33.5	38.6	46.2	51
Lípidos	9.6	13.5	7.3	5.9	5.7
Fibra	3.2	3.2	2.9	2.8	2.6
Cenizas	11.8	9.6	10.1	10	10.3
Extracto libre de nitrógeno	40.7	40.3	41.1	35.1	30.3
Energía bruta	4476	4978	4632	4714	5026
Arginina	2.06	2.31	2.64	3.07	3.55
Fenilalanina	1.53	1.7	1.89	2.16	2.55
Histidina	0.76	0.87	0.96	1.12	1.23
Isoleucina	1.31	1.5	1.64	1.95	2.29
Leucina	2.31	2.55	2.87	3.33	3.84
Lisina	1.89	2.1	2.34	2.71	3.02
Metionina	0.67	0.64	0.69	0.79	0.82
Treonina	1.26	1.35	1.54	1.72	1.97
Valina	1.56	1.72	1.85	2.17	2.47
Σ AAE	13.36	14.74	16.42	19.02	21.74
Ácido Aspártico	2.93	3.47	3.93	4.68	5.45
Ácido Glutámico	6.13	6.46	7.31	8.47	10.00
Alanina	1.83	1.82	2.00	2.27	2.49
Cistina	0.39	0.49	0.51	0.61	0.61
Glicina	2.11	2.02	2.18	2.44	2.67
Prolina	2.18	2.12	2.34	2.69	3.01
Serina	1.43	1.57	1.84	2.12	2.43
Σ AAT	30.37	32.69	36.53	42.3	48.4

DR: dieta de referencia; DSI: dieta con soya integral, DPS: dieta con pasta de soya, DCS: dieta con concentrado proteico, DAS: dieta con aislado de soya; Σ AAE suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales

6.2.4. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales con productos de soya

La pérdida de nutrientes fue generalmente mayor en la dieta de referencia que en las dietas con productos de soya, con 18% de pérdida de AA totales en la dieta de referencia

y con un rango de 8% (DAS) a 13 % (DPS) (tabla 25). Metionina y lisina presentaron las pérdidas mayores ($P<0.05$) con valores promedio de 21 y 16% respectivamente.

Tabla 25.- Pérdidas de nutrientes dietarios después de 1 hora de inmersión en agua marina (% del contenido inicial) en dietas con productos de soya.

	DR	DSI	DPS	DCPS	DAS	Valor promedio de pérdidas
Materia seca	14	9	13	8	8	9 abc
Proteína cruda	18	7	9	4	3	6 a
Arginina	23	14	16	11	10	13 bcde
Fenilalanina	15	9	11	7	6	8 a
Histidina	23	19	16	12	10	14 de
Isoleucina	14	13	8	10	5	9 abc
Leucina	15	9	11	7	6	8 ab
Lisina	28	19	17	13	14	16 e
Metionina	27	24	22	21	16	21 f
Treonina	16	6	12	3	8	7 a
Valina	16	14	9	12	5	10 abcd
Σ AAE	19	13	13	10	8	11 abcd
Ácido Aspártico	14	8	11	8	6	8 ab
Ácido Glutámico	15	9	12	8	8	9 abc
Alanina	18	11	14	10	9	11 abcd
Cistina	10	9	9	10	5	8 ab
Glicina	23	15	16	13	10	13 cde
Prolina	21	14	15	12	11	13 cde
Serina	16	8	13	10	13	11 abcd
Σ AAT	18	11	13	9	8	10 abcd
Promedio	18	13	13	11	9	11 abcd

DR: dieta de referencia; DPI, DPS, DCPS y DAS: dietas prueba, incluyendo soya integral, pasta de soya, concentrado proteico de soya y aislado de soya, respectivamente; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales; *Análisis de varianza entre pérdidas de AA: $P<0.001$; letras diferentes en la columna del promedio representan diferencias estadísticas con la prueba múltiple de medias Duncan

6.2.5 Contenido de nutrientes y óxido de cromo en heces con productos de soya

El contenidos de óxido de cromo, energía, proteína cruda (tabla 26) y AA esenciales (tabla 27) y AA no esenciales (tabla 28) en las heces fueron bastante reproducibles entre los tanques replicados que recibieron las misma dieta, con coeficientes de variación generalmente por debajo de 6%, siendo el valor mayor 10%. El contenido de oxido de cromo en las heces vario desde 3.4 hasta 4.4% (heces dieta de referencia), el contenido de proteína cruda oscilo entre 20.3 y 27.2%.

Tabla 26.- Contenido de Óxido de cromo (%), energía (cal/g) y PC (%) en heces (Productos de soya)

	HDR	HDSI	HDPS	HDCPS	HDAS
Cr ₂ O ₃	4.4	3.4	3.5	3.4	3.9
SD	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
CV	5	3	3	6	5
Energía	2800	3134	2956	3197	2772
SD	142	148	272	105	189
CV	5	5	9	3	7
Proteína cruda	25.6	20.3	21.5	26.5	27.2
SD	0.6	1.1	0.4	0.2	1.2
CV	2	5	2	1	5

HDR: heces dieta de referencia; HDSI: heces dieta con soya integral, HDPS: heces dieta con pasta de soya, HDCPS: heces dieta con concentrado proteico de soya, HDAS: heces dieta con aislado de soya; Cr₂O₃: Óxido de cromo, PC: proteína cruda, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Los aminoácidos esenciales con mayor concentración en las heces fueron: leucina, fenilalanina y arginina. El aminoácido esencial menos concentrado en las heces fue metionina.

Tabla 27- Contenido de AA esenciales (% BS) en heces (Productos de soya)

	HDR	HDSI	HDPS	HDCPS	HDAS
Arginina	1.2	0.9	1.0	1.2	1.2
SD	0.02	0.1	0.03	0.1	0.1
CV	2	5	3	6	7
Fenilalanina	1.0	0.9	1.0	1.3	1.3
SD	0.03	0.04	0.02	0.03	0.1
CV	3	5	3	3	5
Histidina	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6
SD	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04
CV	2	5	2	3	7
Isoleucina	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0
SD	0.03	0.1	0.02	0.04	0.1
CV	5	7	3	4	9
Leucina	1.2	1.1	1.3	1.8	1.7
SD	0.04	0.1	0.04	0.03	0.01
CV	4	7	4	2	7
Lisina	0.9	0.7	0.8	1.1	1.0
SD	0.01	0.1	0.04	0.03	0.1
CV	2	6	5	3	10
Metionina	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5
SD	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03
CV	2	6	4	6	6

Treonina	0.9	0.8	0.9	1.2	1.1
SD	0.01	0.02	0.03	0.01	0.1
CV	1	3	3	1	4
Valina	1.0	0.9	0.9	1.3	1.3
SD	0.04	0.1	0.02	0.1	0.1
CV	4	6	2	5	7

HDR: heces dieta de referencia; HDR: heces dieta de referencia; HDSI: heces dieta con soya integral, HDPS: heces dieta con pasta de soya, HDCPS: heces dieta con concentrado proteico de soya, HDAS: heces dieta con aislado de soya; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 28.- Contenido de AA no esenciales (% BS) en heces (Productos de soya)

	HDR	HDSI	HDPS	HDCPS	HDAS
Ácido aspártico	2.0	1.7	1.8	2.4	2.3
SD	0.03	0.1	0.1	0.03	0.1
CV	2	4	3	1	6
Ácido glutámico	2.5	2.1	2.3	3.1	2.9
SD	0.03	0.1	0.1	0.1	0.2
CV	1	5	4	2	8
Alanina	1.4	1.3	1.2	1.4	1.6
SD	0.03	0.03	0.03	0.1	0.1
CV	2	3	2	3	5
Cistina	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
SD	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
CV	2	5	5	7	5
Glicina	2.2	1.7	1.7	1.8	2.1
SD	0.1	0.01	0.03	0.01	0.1
CV	4	3	2	4	3
Prolina	1.4	1.1	1.2	1.4	1.4
SD	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04
CV	3	2	3	3	3
Serina	1.0	0.9	0.9	1.2	1.2
SD	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03
CV	2	3	4	1	3
ΣAAE	7.6	6.8	7.4	9.9	9.6
SD	0.1	0.4	0.2	0.2	0.7
CV	2	6	3	3	7
ΣAAT	18.3	15.7	16.8	21.7	21.4
SD	0.2	0.6	0.4	0.4	1.6
CV	1	4	3	2	3

HDR: heces dieta de referencia; HDSI: heces dieta con soya integral, HDPS: heces dieta con pasta de soya, HDCPS: heces dieta con concentrado proteico de soya, HDAS: heces dieta con aislado de soya; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

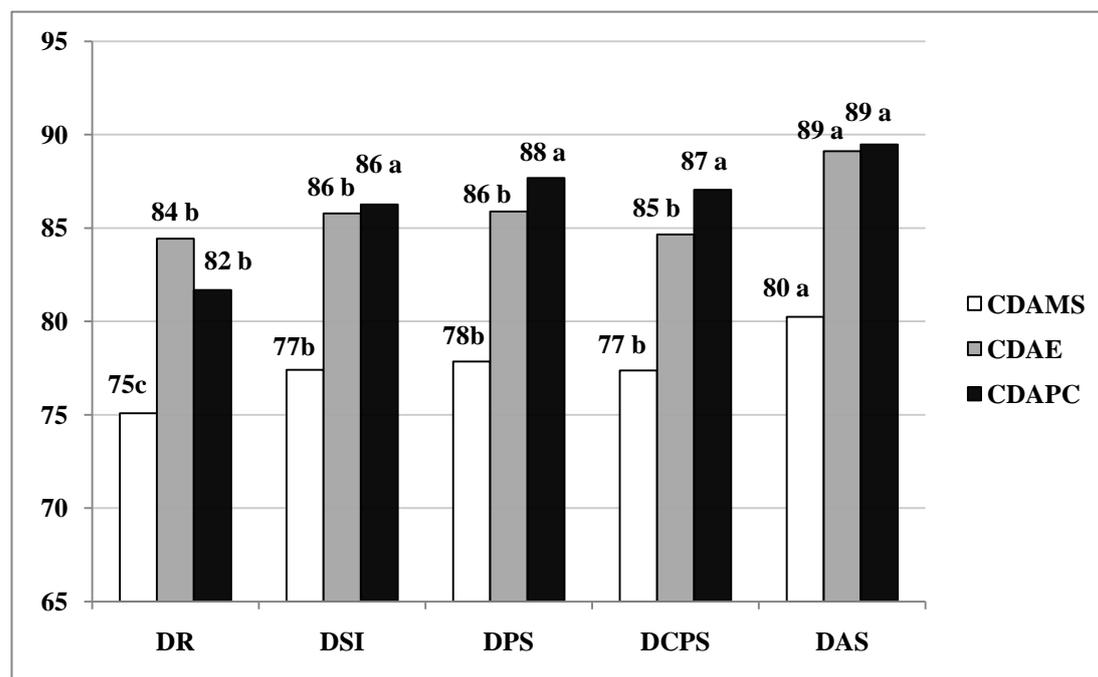
6.2.6. CDAMS CDAE y CDAPC en dietas con productos de soya

Las dietas experimentales mostraron CDAMS superiores a la dieta de referencia, el coeficiente mayor lo presentó la dieta con aislado de soya (80%). El CDAE mayor fue presentado por la dieta con aislado de soya, el resto de las dietas no fueron diferentes entre ellas. Los CDA se presentan en la figura 7, donde podemos notar que el CDAPC de las dietas con productos de soya fueron superiores al coeficiente de la dieta de referencia.

6.2.7. CDA de AA en dietas con productos de soya

Las dietas experimentales presentaron coeficientes de digestibilidad aparente de AA individuales muy altos (desde 81 hasta 94%), cabe mencionar que todas las dietas experimentales presentaron CDA de AA mayores a la dieta de referencia para todos los AA evaluados (ver figura 8). La dieta con aislado de soya presentó los coeficientes más altos que el resto de los productos de soya, seguido de la dieta con pasta de soya, la dieta con pasta de soya y finalmente la dieta con el concentrado proteico.

Figura 7.- CDA de materia seca, energía y proteína cruda en dietas (%).

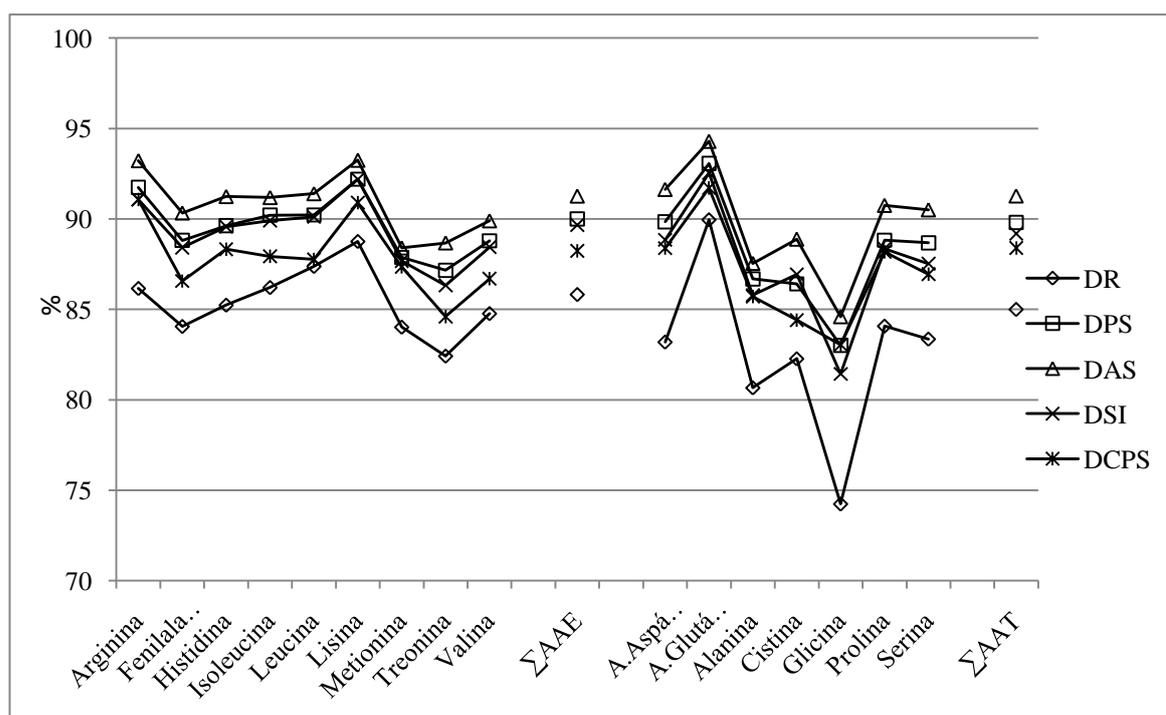


DR: dieta de referencia; DPI, DPS, DCPS y DAS: dietas prueba, incluyendo soya integral, pasta de soya, concentrado proteico de soya y aislado de soya, respectivamente; Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($P < 0.05\%$) en un análisis de comparación de medias (Duncan) y $n = 4$.

6.2.8. Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, energía y PC productos de soya

Los CDA de la dieta de referencia y los ingredientes evaluados, obtenidos por cálculos estándar (sin ajustes por pérdidas prepanciales de nutrientes), son presentados en la tabla 29. Los CDA para materia seca, energía y proteína cruda en la dieta de referencia fueron de 75.1, 81.7 y 84.4% respectivamente; la digestibilidad de los ingredientes fue mayor a la dieta de referencia, registrando valores muy altos para los cuatro productos de soya, pero con diferencias significativas entre ellos. Los CDA de materia seca y energía fueron significativamente mayores para AS (91.7% y 98.2% respectivamente), mientras que para los otros productos de soya fueron muy similares (82-84% para materia seca y 85-89% para energía). El CDA de proteína cruda fue más bajo para CPS (93%) y más alta para el resto de los productos de soya (96-97%).

Figura 8.- CDA de AA (%) en dietas con productos de soya



6.2.9. CDA de AA en productos de soya

Los CDA de AA individuales en la dieta de referencia oscilaron entre 80.7 hasta 90% con la excepción de glicina (74.2%), mientras el rango para los productos de soya fue desde 86.4 hasta 100%. Entre los cuatro productos de soya, el CPS presentó los CDA AA más bajo, siendo la diferencia altamente significativa para la mayoría de los AA (tabla 30). La

digestibilidad de los AA fue casi idéntica para SI, PS y AS, excepto para alanina, glicina y metionina, cuya digestibilidad cayó ligeramente en AS; el CPS presentó una digestibilidad de AA paralela pero 3.5 a 7.0 unidades porcentuales más baja que el resto de los productos de soya. También, la digestibilidad de la suma de AA fue mayor y similar para SI, PS y AS (95.9% promedio), mientras que 5.4 unidades porcentuales más bajo para el CPS (90.5%).

Las diferencias entre los CDA de los AA individuales fueron altamente significativas, con el valor más alto para glicina en PS (102.5%) y el más bajo para cistina en CPS (86.4%); la diferencia entre el valor mayor y menor fue de 11, 10.5 8.3 o 4.3 unidades porcentuales para PS, CPS, SI y AS respectivamente. Cistina y treonina fueron los AA menos digestibles en AS, con una diferencia con respecto a la digestibilidad de proteína cruda en el rango de -7% y -6% respectivamente (CPS), de -2% para ambos AA (AS); la diferencia entre los cuatro productos de soya fue de -3.8% para cistina y -3.5% para treonina (Tabla 29). En contraste, la desviación promedio para DAP fue de +2.4% para arginina, mientras que 1% para lisina y metionina.

Tabla 29.- Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, energía, proteína cruda y AA estándar (%) en productos de soya.

	SI	PS	CPS	AS	ANOVA Prob.	DR
Materia seca	82.7±2.5 a	84.2±2.2 a	82.6±4.1 a	91.7±3.0 b	0.003	75.1±1.3
Energía	88.1±2.3 a	89.3±3.9 a	85.1±3.9 a	98.2±1.6 b	<0.001	84.4±0.8
Proteína	95.7±3.6	96.9±1.3	93.0±1.5	96.2±1.6	0.118	81.7±0.8
Arginina	99.3±0.7 b	98.8±1.0 b	95.3±0.2 a	98.1±0.9 b	<0.001	86.2±0.8
Fenilalanina	96.1±0.6 b	95.3±1.3 b	88.9±1.1 a	94.8±2.0 b	<0.001	84.1±1.2
Histidina	96.9±0.6 c	95.4±0.8 b	91.1±0.9 a	95.8±1.3bc	<0.001	85.2±0.9
Isoleucina	95.9±1.2 b	95.5±1.2 b	89.5±1.2 a	94.7±1.4 b	<0.001	86.2±1.2
Leucina	94.9±0.9 b	94.1±1.4 b	88.1±1.1 a	94.3±1.3 b	<0.001	87.4±1.1
Lisina	98.2±0.8 b	96.9±1.4 b	92.9±0.9 a	96.7±1.3 b	<0.001	88.8±0.7
Metionina	97.9±0.7 b	96.6±2.2 b	92.4±3.5 a	94.7±1.8ab	0.04	84.0±1.1
Treonina	93.5±0.4 b	93.8±1.6 b	86.7±1.7 a	93.8±1.2 b	<0.001	82.4±1.1
Valina	95.3±0.9 b	94.9±1.5 b	88.7±0.9 a	94.2±1.7 b	<0.001	84.8±1.1
ΣAAE	96.5±0.7 b	95.8±1.3 b	90.5±0.9 a	95.4±1.3 b	<0.001	85.8±1.0
Ácido Aspártico	97.2±0.2 b	97.4±1.3 b	92.5±1.2 a	96.8±1.0 b	<0.001	83.2±1.1
Ácido Glutámico	97.6±0.4 b	97.7±1.1 b	93.5±0.9 a	97.7±1.0 b	<0.001	90.0±0.6
Alanina	98.3±0.6 c	98.0±1.9 c	92.4±1.3 a	95.0±1.7 b	<0.001	80.7±1.2
Cistina	94.1±0.7 c	91.5±1.7 b	86.4±0.5 a	94.5±1.3 c	<0.001	82.3±1.1
Glicina	101.8±3.0 b	102.5±2.4 b	96.7±1.0 a	97.7±1.9 a	0.006	74.2±1.4

Serina	94.6±0.6 b	95.3±1.6 b	90.0±1.5 a	95.4±0.7 b	<0.001	83.4±1.1
Prolina	99.2±1.1 b	98.2±1.4 b	93.7±1.9 a	97.8±1.0 b	0.01	84.1±0.9
∑AAE	97.1±0.4 b	96.8±1.3 b	91.8±1.0 a	96.3±1.2 b	<0.001	85.0±0.9

SI, soya integral; PS, pasta de soya; CPS, concentrado proteico de soya; y AS, aislado de soya; n = 4, ± = desviación estándar, Letras diferentes en la misma fila indican diferencias de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias, DR = Dieta de referencia, ∑AAE = suma de AA esenciales, ∑AAT = suma de AA totales

6.2.10. Correlación entre la proteína cruda digestible y la ∑AAT digestibles en productos de soya

Una relación lineal entre la cantidad de proteína cruda (Nx6.25) digestible y la cantidad de AA totales digestibles fue observada ($R^2=0.9979$; Figura 9) con una $P < 0.01$ y la ecuación que describe esta correlación es $y = 0.9777x - 0.2868$.

6.2.11. CDA corregidos por lixiviación de nutrientes

Los coeficientes de digestibilidad de la dieta de referencia y de los ingredientes prueba, ajustados por pérdidas de nutrientes preandiales, son presentados en la tabla 30, los CDA ajustados por lixiviación de la dieta de referencia fueron tan bajos como los CDA estándar con 4 puntos porcentuales de diferencia para materia seca y proteína cruda, y 3.3% para la suma de AA esenciales o suma de AA totales, con diferencias individuales variando desde 2.2 (leucina e isoleucina) hasta 7.5% (glicina). La misma tendencia fue observada para las dietas prueba, pero en una menor extensión, resultando en ajustes de los CDA en los ingredientes prueba los cuales fueron generalmente casi idénticos a los CDA estándar, siendo la mayoría de las diferencias por debajo de 1%.

Figura 9.- Correlación entre digestibilidad aparente de proteína cruda digestible (PCD) y AA totales digestibles (AATD) en productos de soya

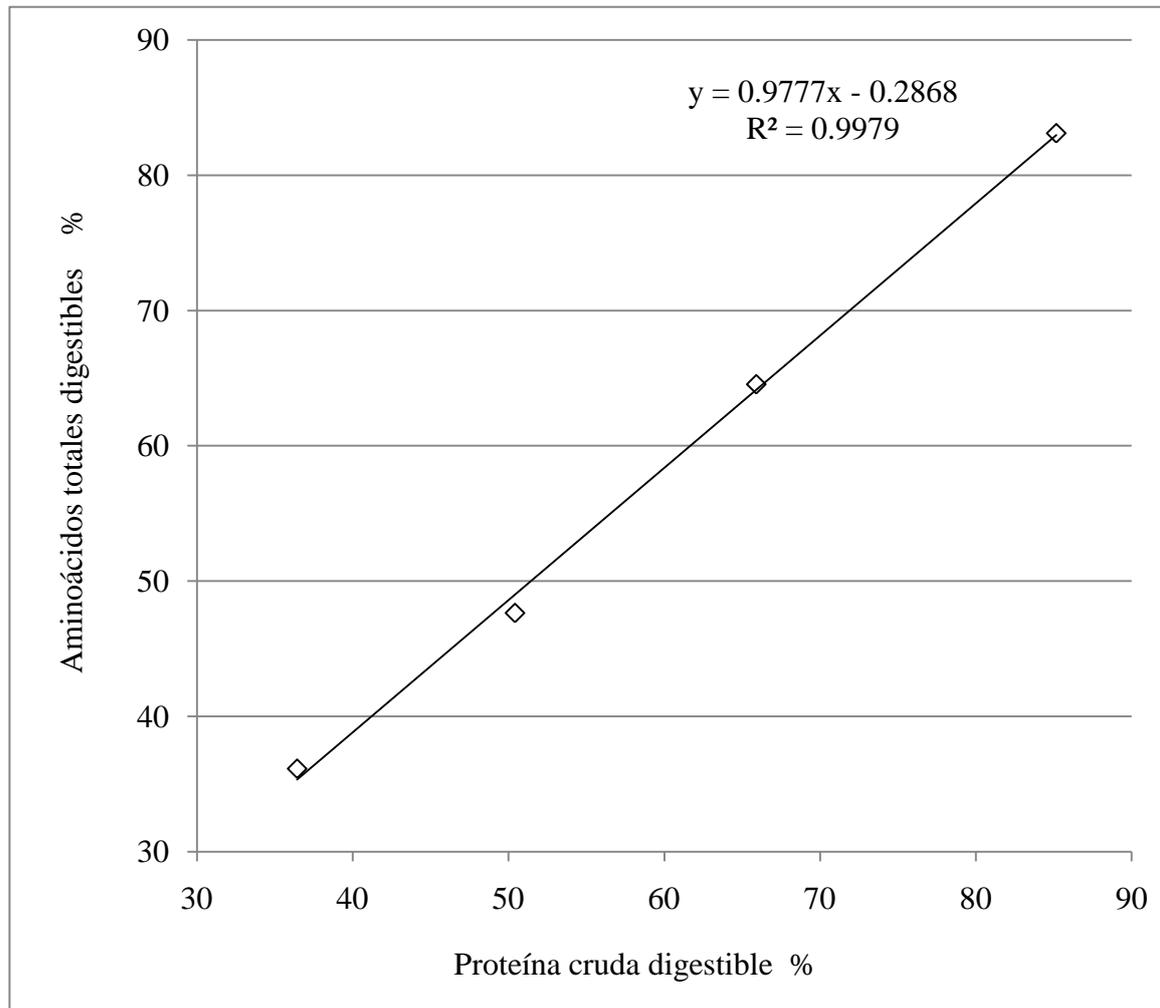


Tabla 30.- Coeficientes de digestibilidad aparente (%) en productos de soya corregidos por lixiviación de nutrientes.

	SI	PS	CPS	AS	DR
Materia seca	83.2 ± 2.4 a	82.3 ± 2.4 a	83.7 ± 3.8 a	92.0 ± 2.9 b	71.1 ± 1.5
Proteína cruda	98.3 ± 3.4 b	97.9 ± 1.3 b	93.5 ± 1.4 a	96.7 ± 1.5 ab	77.7 ± 0.9
Arginina	99.3 ± 0.7 b	98.5 ± 1.1 b	95.4 ± 0.2 a	98.0 ± 1.0 b	82.1 ± 1.0
Fenilalanina	95.9 ± 0.5 b	94.8 ± 1.3 b	89.2 ± 1.1 a	94.9 ± 1.0 b	81.2 ± 1.5
Histidina	96.0 ± 0.7 b	94.9 ± 0.9 b	90.9 ± 0.9 a	95.9 ± 1.3 b	80.9 ± 1.2
Isoleucina	95.1 ± 1.3 b	95.3 ± 1.2 b	88.6 ± 1.3 a	94.5 ± 1.5 b	84.0 ± 1.3
Leucina	94.9 ± 0.9 b	93.6 ± 1.4 b	88.2 ± 1.2 a	94.3 ± 1.3 b	85.2 ± 1.2
Lisina	98.0 ± 0.8 b	96.7 ± 1.4 b	93.0 ± 0.9 a	96.6 ± 1.4 b	84.3 ± 1.0
Metionina	97.4 ± 2.1 b	95.7 ± 2.5 b	91.2 ± 4.0 a	94.2 ± 1.9 ab	78.2 ± 1.6
Treonina	94.4 ± 0.3 b	93.1 ± 1.7 b	88.1 ± 1.6 a	93.6 ± 1.2 b	79.2 ± 1.3
Valina	94.3 ± 0.9 b	94.7 ± 1.5 b	87.8 ± 1.0 a	94.2 ± 1.6 b	82.0 ± 1.4
ΣAAE	96.2 ± 0.7 b	95.4 ± 1.3 b	90.5 ± 1.0 a	95.3 ± 1.3 b	82.5 ± 1.2
Ácido Aspártico	97.1 ± 0.2 b	97.0 ± 1.4 b	92.3 ± 1.3 a	96.7 ± 1.0 b	80.4 ± 1.2
Ácido Glutámico	97.8 ± 0.4 b	97.4 ± 1.1 b	93.5 ± 0.9 a	97.5 ± 1.0 b	88.1 ± 0.7

Alanina	98.0 ± 0.6 c	97.4 ± 1.9 c	92.3 ± 1.3 a	94.9 ± 1.6 b	76.3 ± 1.4
Cistina	92.2 ± 0.7 b	90.7 ± 1.8 b	84.8 ± 0.5 a	94.1 ± 1.3 c	80.3 ± 1.2
Glicina	100.9 ± 2.8 b	101.7 ± 2.3 b	96.7 ± 1.0 a	97.5 ± 1.8 a	66.7 ± 1.8
Prolina	99.3 ± 1.1 b	97.8 ± 1.5 b	93.7 ± 1.9 a	97.5 ± 1.0 b	79.8 ± 1.1
Serina	95.1 ± 0.6 b	94.6 ± 1.8 b	89.6 ± 1.6 a	94.9 ± 0.8 b	80.2 ± 1.3
ΣAAT	97.0 ± 0.3 b	96.4 ± 1.4 b	91.8 ± 1.0 a	96.1 ± 1.2 b	81.7 ± 1.1

SI, soya integral; PS, pasta de soya; CPS, concentrado proteico de soya; y AS, aislado de soya; n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas (P < 0.05%) de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias Duncan, DR = Dieta de referencia, ΣAAE = suma de AA esenciales, ΣAAT = suma de AA totales

6.2.12. Contenido de AA digestibles (estándar) en productos de soya

Los contenidos de AA digestibles (cálculos estándar) son presentados en la tabla 31, donde se observa que el AS es el ingrediente que tiene el mayor aporte de AA esenciales y totales digestibles (37.8% y 83.1%, respectivamente) y la SI es el ingrediente que menos AA esenciales y totales aporta (16.7% y 36.0%, respectivamente).

Tabla 31.- Contenidos de AA digestibles (% BS) de productos de soya

	SI	PS	CPS	AS
Arginina	2.82	3.80	5.33	6.64
Fenilalanina	1.86	2.34	3.41	4.57
Histidina	1.01	1.31	1.78	2.19
Isoleucina	1.78	2.23	3.05	4.02
Lisina	2.44	3.18	4.40	5.36
Leucina	2.89	3.80	5.10	6.73
Metionina	0.55	0.68	0.95	1.01
Treonina	1.49	1.98	2.65	3.25
Valina	1.82	2.30	3.08	4.03
ΣAAE	16.7	21.8	29.7	37.8
Ácido Aspártico	4.48	5.91	8.02	10.5
Ácido Glutámico	7.11	9.45	12.9	17.3
Alanina	1.70	2.24	2.98	3.64
Cistina	0.54	0.68	0.85	0.98
Glicina	1.75	2.28	3.07	3.70
Prolina	1.99	2.55	3.52	4.57
Serina	1.84	2.56	3.46	4.50
ΣAAT	36.1	47.4	64.5	83.0

SI: soya integral; PS: pasta de soya, CPS: concentrado proteico de soya; AS: aislado de soya; ΣAAE: suma de AA esenciales; ΣAAT: suma de AA totales.

6.2.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en productos de soya

La corrección por lixiviación de nutrientes tuvo un efecto casi nulo para la mayoría de los AA, los contenidos de AA digestibles (corregidos por lixiviación) son presentados en la tabla 32.

Tabla 32.- Contenido de AA digestibles (% BS) de productos de soya corregidos por lixiviación de nutrientes

	SI	PS	CPS	AS
Arginina	2.82	3.80	5.33	6.64
Fenilalanina	1.92	2.25	3.35	4.57
Histidina	1.00	1.30	1.78	2.19
Isoleucina	1.77	2.23	3.02	4.01
Lisina	2.43	3.17	4.40	5.36
Leucina	2.89	3.78	5.10	6.73
Metionina	0.55	0.67	0.94	1.01
Treonina	1.49	1.98	2.65	3.25
Valina	1.82	2.30	3.08	4.03
Σ AAE	16.7	21.8	29.7	37.8
Ácido Aspártico	4.48	5.91	8.02	10.5
Ácido Glutámico	7.11	9.45	12.9	17.3
Alanina	1.70	2.24	2.98	3.64
Cistina	0.54	0.68	0.85	0.98
Glicina	1.75	2.28	3.07	3.70
Prolina	1.99	2.55	3.52	4.57
Serina	1.84	2.56	3.46	4.50
Σ AAT	36.1	47.4	64.5	83.0

SI: soya integral; PS: pasta de soya, CPS: concentrado proteico de soya; AS: aislado de soya; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales.

6.3. Subproductos de rastro

6.3.1. Composición proximal y contenido de AA en subproductos de rastro

La composición proximal y los perfiles de AA de la mezcla de referencia y los ingredientes evaluados se presentan en la tabla 24. El contenido de proteína en subproductos de rastro osciló desde 57.4 (harina de cerdo) hasta 95.9 g / 100 g de materia seca (harina de sangre), mientras que el contenido de lípidos entre 2.2 y 16.1%, la ceniza entre 1.92 (harina de pluma “v”) y 25.9% en la harina de cerdo, y la energía entre 4.42 y 5.99 Kcal/g (tabla 34). El contenido de AAT en los seis subproductos de rastro expresados en % BS fueron muy diferentes oscilando entre 48.5% para la harina de cerdo hasta 87.6% en harina de sangre (tabla 32).

Tabla 33.- Composición proximal de ingredientes (% , BS), densidad energética (Kcal/g, BS) y contenido de AA (% , BS) de subproductos de rastro

	HPv	HPg	HAv	HAg	HSg	HC
Proteína cruda	89.3	89.2	71.7	68.8	95.9	57.4
Lípidos	12.2	10.4	15.4	16.1	2.2	12.4
Fibra	0.55	2.10	1.10	0.80	0.80	2.41
Ceniza	1.92	3.62	10.84	13.24	3.60	25.29
Energía bruta	5.98	5.39	5.98	5.45	4.42	5.99
Arginina	5.7	5.9	4.8	4.4	5.0	3.9
Fenilalanina	4.2	4.0	2.6	2.5	5.7	1.8
Histidina	0.7	0.9	1.6	1.6	4.9	1.1
Isoleucina	4.1	4.1	2.7	2.5	3.8	1.6
Leucina	6.5	6.5	4.5	4.3	9.1	3.1
Lisina	1.6	2.3	4.3	3.9	7.6	2.9
Metionina	0.5	0.7	1.4	1.3	1.3	0.8
Treonina	3.8	4.1	2.7	2.6	4.7	1.8
Valina	6.5	5.9	3.2	3.0	6.2	2.3
∑AAE	37.0	37.9	30.9	28.9	50.5	22.1
Ácido Aspártico	5.6	6.1	5.7	5.3	8.4	4.2
Ácido Glutámico	8.8	9.8	9.0	8.4	9.8	6.9
Alanina	4.2	4.2	4.6	4.3	6.9	4.0
Cistina	2.6	3.8	0.7	0.7	1.7	0.5
Glicina	6.2	6.7	6.1	5.7	3.6	6.4
Prolina	8.5	8.4	4.3	4.2	4.0	4.6
Serina	9.4	9.5	2.8	3.0	4.4	2.2
∑AAT	79.3	83.4	61.4	58.3	87.6	48.5
%AA/PC	92.9	95.1	84.9	85.0	92.7	82.9

DR: dieta de referencia; HPv: harina de pluma v; HPg: harina de pluma G; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave g; HSg: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑AAE: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales; Nx6.25: proteína cruda; %AA/PC: porcentaje de recuperación de AA.

6.3.2. Composición química y contenido de AA en dietas con subproductos de rastro

El perfil de AA analizados en las dietas experimentales se exhibe en la tabla 34. Los valores fueron muy cercanos a los valores esperados calculados a partir del contenido analizado en los ingredientes y en el ingrediente de referencia.

Tabla 34.- Composición química (%), densidad energética (Kcal/g) y contenido de AA (% BS) de dietas experimentales en subproductos de rastro

	DR	DHPv	DHPg	DHAV	DHAg	DHS	DHC
Proteína	34.4	53.8	52.3	47.0	46.0	55.4	43.0
Lípidos	8.7	9.5	9.0	10.6	10.7	5.6	9.8

Fibra	3.4	2.1	3.0	2.6	2.4	2.4	2.9
Ceniza	10.5	7.7	8.8	10.3	11.0	8.1	14.0
ELN	43.0	28.3	28.1	29.5	30.9	31.5	30.2
Energía bruta	4.21	4.82	4.71	4.68	4.31	4.61	4.27
Arginina	2.0	3.2	3.3	2.9	2.8	2.9	2.6
Fenilalanina	1.5	2.4	2.4	1.9	1.9	2.9	1.7
Histidina	0.8	0.7	0.8	1.0	1.0	1.9	0.9
Isoleucina	1.4	2.2	2.2	1.8	1.8	2.2	1.4
Leucina	2.3	3.8	3.8	3.1	3.1	4.7	2.7
Lisina	1.8	1.8	2.0	2.6	2.8	3.4	2.2
Metionina	0.7	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7
Treonina	1.2	2.1	2.1	1.7	1.7	2.4	1.4
Valina	1.6	3.1	3.0	2.1	2.1	3.0	1.4
Σ AAE	15.5	23.0	23.4	21.4	20.9	28.4	18.4
Ácido Aspártico	2.9	3.8	3.9	3.8	3.7	4.7	3.3
Ácido Glutámico	5.8	6.9	7.2	7.0	6.8	7.6	6.3
Alanina	1.8	2.6	2.6	2.7	2.7	3.4	2.5
Cistina	0.4	1.1	1.4	0.5	0.5	0.8	0.4
Glicina	2.1	3.6	3.7	3.5	3.4	2.6	3.8
Prolina	2.2	4.4	4.2	2.9	2.8	2.7	3.0
Serina	1.4	4.2	3.8	1.9	1.9	2.4	1.7
Σ AAT	31.3	49.3	49.8	42.7	41.8	51.6	38.3

DR: dieta de referencia; DHPV, DHPG, DHPV, DHPG, DHS, DHC,: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las harinas de pluma v, harina de ave v, harina de ave g, harina de pluma g, harina de sangre y harina de cerdo, respectivamente; ELN: Extracto libre de nitrógeno Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales

6.3.3. Pérdida de nutrientes en dietas con subproductos de rastro

La pérdida de aminoácidos fue mayor en la dieta de harina de sangre (15% promedio) y en la dieta con harina de cerdo (10% promedio), el resto de las dietas presentaron pérdidas promedio de nutrientes entre 3 y 7%; la dieta de referencia registro pérdidas promedio del orden del 9%; los AA que se perdieron en mayor medida fueron: lisina 21%, metionina 15% e histidina 12% (tabla 35).

Tabla 35.- Pérdidas de nutrientes dietarios en agua marina (% del contenido inicial) subproductos de rastro

	DR	DHPv	DHPg	DHA _v	DHA _g	DHS	DHC	Promedio
Materia seca	6	10	7	4	6	5	4	6ab
Proteína cruda	11	8	4	4	5	13	10	7 ab
Arginina	16	8	4	6	9	8	17	9 ab

Fenilalanina	4	2	0	0	0	20	1	3 a
Histidina	2	8	6	8	11	28	10	12bc
Isoleucina	5	3	0	1	3	20	5	5 ab
Leucina	1	3	0	0	1	21	5	5 ab
Lisina	18	23	16	16	20	29	23	21 d
Metionina	24	19	12	13	13	18	16	15cd
Treonina	3	4	1	0	1	18	5	5 ab
Valina	0	4	0	2	6	22	10	7 ab
∑AAE	7	7	3	4	7	20	12	9 ab
Ácido Aspártico	5	5	0	0	1	13	5	4 ab
Ácido Glutámico	8	6	1	2	4	10	3	4 ab
Alanina	7	8	4	4	6	12	16	8 ab
Cistina	10	0	0	0	2	19	0	1 a
Glicina	19	8	5	7	8	0	25	6 ab
Prolina	16	5	3	5	6	0	17	5 ab
Serina	5	4	2	0	2	12	5	4 ab
Suma de AA	6	6	2	3	5	14	11	7 ab
∑AAT	9	7	3	3	6	15	10	8 ab
Promedio	9	7	3	3	6	15	10	

DR: dieta de referencia; DHPv, DHPVv, DHPg, DHPg, DHS, DHC,: corresponden a la nomenclatura de las dietas experimentales de las harinas de pluma v, harina de ave v, harina de ave g, harina de pluma g, harina de sangre y harina de cerdo, respectivamente; ∑AAE: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales, letras diferentes en la columna del promedio de pérdidas por nutriente representan diferencias estadísticas con la prueba múltiple de medias Duncan ($P < 0.05$)

6.3.4. Contenido de nutrientes en heces con subproductos de rastro

El contenidos de óxido de cromo en las heces de subproductos de rastro osciló entre 2.7 (HHS) y 5.1% (HDR), el contenido de energía varió de 2964 (HDR) a 3264 cal/g (HHC), la proteína cruda tuvo un rango entre 26 (HDR) y 51% (HHPv y HHPg) ver tabla 36. El contenido AA esenciales se presentan en la tabla 37 y el contenido de AA no esenciales se exhiben en la tabla 38. Las heces fueron bastante reproducibles entre los tanques replicados que recibieron las mismas dietas, con coeficientes de variación generalmente por debajo de 5%, siendo el valor mayor 11%.

Tabla 36. Contenido de óxido de cromo (%), energía (cal/g) y proteína cruda (% , BS) en heces de subproductos de rastro

	HDR	HHPv	HHPg	HHAv	HHAg	HHS	HHC
Cr ₂ O ₃	5.1	3.0	2.9	3.2	3.3	2.7	3.1

SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	3	2	3	4	2	3	2
Energía	2964	2968	3138	3129	3072	3136	3264
SD	177	186	300	160	257	239	295
CV	6	6	10	5	8	8	9
Proteína cruda	26.0	51.0	51.0	36.2	35.3	50.0	34.0
SD	1.3	1.1	1.4	1.0	1.0	0.7	1.8
CV	5	2	3	3	3	2	5

HDR: heces dieta de referencia; HHPv: heces harina de pluma v, HHA_v: heces harina de ave, HHA_g: heces harina de ave g, HHP_g: heces harina de pluma g, HHS: heces harina de sangre, HHC: heces harina de cerdo, respectivamente; Cr₂O₃: óxido de cromo, promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 37. Contenido de AA esenciales (% BS) y óxido de cromo (%) en heces con subproductos de rastro

	HDR	HHP _v	HHP _g	HHA _v	HHA _g	HHS	HHC
Arginina	1.1	2.9	3.5	2.0	1.9	2.2	2.0
SD	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2
CV	7	4	8	2	3	4	8
Fenilalanina	1.4	2.3	2.6	1.5	1.5	2.8	1.6
SD	0.1	0.1	0.2	0.04	0.1	0.3	0.1
CV	8	3	8	2	4	9	3
Histidina	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	1.9	0.6
SD	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.1	0.01
CV	7	3	2	2.2	5	7	1
Isoleucina	0.7	2.1	2.5	1.5	1.4	1.7	1.2
SD	0.1	0.1	0.2	0.04	0.1	0.1	0.1
CV	11	4	9	3	5	4	8
Metionina	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5
SD	0.04	0.02	0.01	0.03	0.1	0.03	0.02
CV	11	4	2	4	8	6	4
Leucina	1.1	3.7	4.3	2.5	2.3	4.4	2.1
SD	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2
CV	11	4	8	2	5	4	7
Lisina	0.8	1.2	1.3	1.8	1.6	2.8	1.5
SD	0.1	0.03	0.02	0.04	0.1	0.2	0.1
CV	13	3	2	2	5	6	3
Treonina	0.8	2.2	2.5	1.5	1.4	2.2	1.3
SD	0.1	0.1	0.2	0.03	0.1	0.1	0.1
CV	8	4	8	2	4	5	6
Valina	0.9	3.2	3.7	1.8	1.7	2.8	1.6
SD	0.1	0.2	0.3	0.04	0.1	0.1	0.2
CV	7	5	9	2	4	3	11

HDR: heces dieta de referencia; HHP_v: heces harina de pluma v, HHA_v: heces harina de ave, HHA_g: heces harina de ave g, HHP_g: heces harina de pluma g, HHS: heces harina de sangre, HHC: heces harina de cerdo, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 38. Contenido de AA no esenciales (% BS) en heces de subproductos de rastro

	HDR	HHPv	HHPg	HHAv	HHAg	HHS	HHC
Ácido aspártico	1.9	3.6	3.9	3.1	2.8	4.1	2.7
SD	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
CV	8	3	5	2	4	4	4
Ácido glutámico	2.3	5.2	5.8	4.3	3.9	4.9	3.9
SD	0.2	0.1	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2
CV	7	3	6	2	4	3	6
Alanina	1.4	2.5	2.7	2.1	2.0	3.3	2.1
SD	0.1	0.1	0.1	0.04	0.1	0.1	0.1
CV	6	3	5	2	3	4	5
Cistina	0.3	1.4	2.2	0.5	0.6	0.9	0.6
SD	0.02	0.1	0.2	0.01	0.02	0.04	0.1
CV	8	6	10	2	3	4	10
Glicina	2.1	3.7	4.3	2.7	2.8	2.5	3.2
SD	0.04	0.1	0.2	0.04	0.03	0.1	0.2
CV	2	3	5	1	1	2	6
Prolina	1.3	4.6	5.5	2.0	2.1	2.3	2.3
SD	0.1	0.2	0.6	0.01	0.03	0.1	0.2
CV	4	4	10	1	2	4	10
Serina	1.0	4.3	5.4	1.6	1.7	2.2	1.7
SD	0.1	0.2	0.6	0.03	0.1	0.1	0.2
CV	6	5	10	2	3	5	10
∑AAE	9.0	21.0	24.0	15.9	15.0	24.7	14.4
SD	0.8	0.8	1.7	0.4	0.6	1.1	0.8
CV	8	4	7	2	4	5	6
∑AAT	16.2	37.8	43.4	27.6	26.2	38.3	25.9
SD	1.1	1.3	3.1	0.5	1.0	1.6	1.6
CV	7	4	7	2	4	4	6

HDR: heces dieta de referencia; HHPv: heces harina de pluma v, HHAv: heces harina de ave, HHAg: heces harina de ave g, HHPg: heces harina de pluma g, HHS: heces harina de sangre, HHC: heces harina de cerdo, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, ∑AAE; suma de AA esenciales, ∑AAT: suma de AA totales.

6.3.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con subproductos de rastro

Los CDA de materia seca, energía y proteína cruda en la dieta de referencia fueron de 78, 84 y 84%, respectivamente, siendo mayores a los CDA presentados por las diferentes dietas experimentales con subproductos de rastro, como se puede apreciar en la figura 10. Las dietas con harinas de ave mostraron los CDAMS, CDAE y CDAPC mayores, la dieta con harina de sangre presentó el CDAPC más bajo seguido de las dietas con harinas de pluma

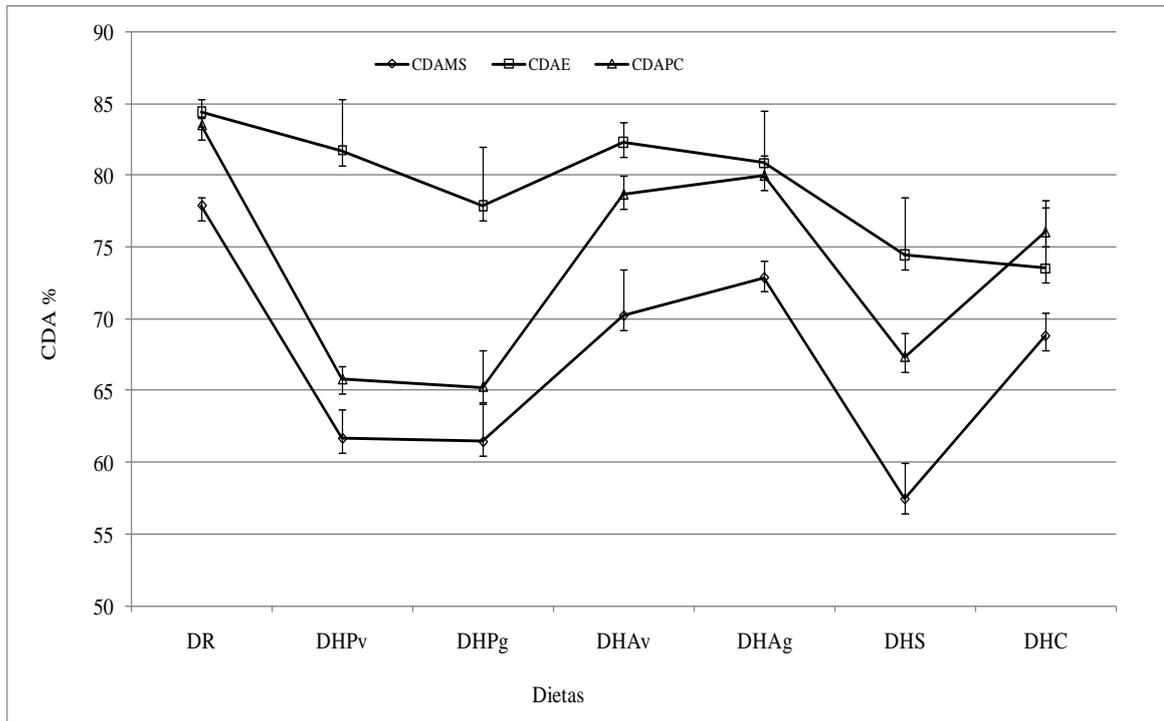
6.3.6. CDA de AA en dietas con subproductos de rastro

El promedio de los CDA de los AA individuales de la dieta de referencia fue de 86% (rango entre 78 y 91%), que fueron mayores a los presentados por las dietas experimentales promedio de 77% (rango de 57 a 86%). Las dietas con harina de ave presentaron los mejores CDAAA ver figura 11.

6.3.7. CDA de MS, energía y PC en subproductos de rastro

Los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la dieta de referencia y los ingredientes evaluados, obtenidos por cálculos estándar (sin ajustes por pérdidas prepancálicas de nutrientes), son propuestos en la tabla 41. La digestibilidad de los ingredientes experimentales registró valores bajos para los seis ingredientes y con diferencias significativas entre ellos. Los CDA de materia seca fueron significativamente mayores para HAg y HAv (73% y 70% respectivamente); seguido de la harina de cerdo (69%); las harinas de pluma v y g (61%) y finalmente la harina de sangre (57%). Los CDA de energía fueron mayores para la HAv, HPv y HAg (80 a 82%) mientras que para los otros productos fueron de 73 al 77%. La digestibilidad de proteína cruda fue más alta para las harinas de ave (78 a 79%), seguidas de la harina de cerdo (76%) y por último la harina de sangre y las harinas de pluma (65 al 67%).

Figura 10.- Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, E y PC en dietas con subproductos de rastro (% , promedio, n = 4).



6.3.8. CDA de AA en subproductos de rastro

Los CDA de AA individuales en la dieta de referencia oscilaron entre 80.7 hasta 90% con la excepción de glicina (77.9%, figura 11), mientras el rango para los subproductos de rastro fue desde 36.2 hasta 85.6% (tabla 39). Entre los seis subproductos de rastro, las harinas de pluma presentaron los CDA de AA más bajos, siendo la diferencia altamente significativa en la mayoría de los casos (tabla 39). La digestibilidad de AA totales fue muy diferente entre los subproductos de rastro siendo mejores la de la harina de ave g y de la harina de ave v (81.3 y 79.4% respectivamente); seguidas de la harina de cerdo (75.7%), y por último la harina de sangre (71.5%), la harina de pluma v (70.9%), y la harina de pluma g (66.3%).

Figura 11.- CDA de AA individuales en dietas con subproductos de rastro.

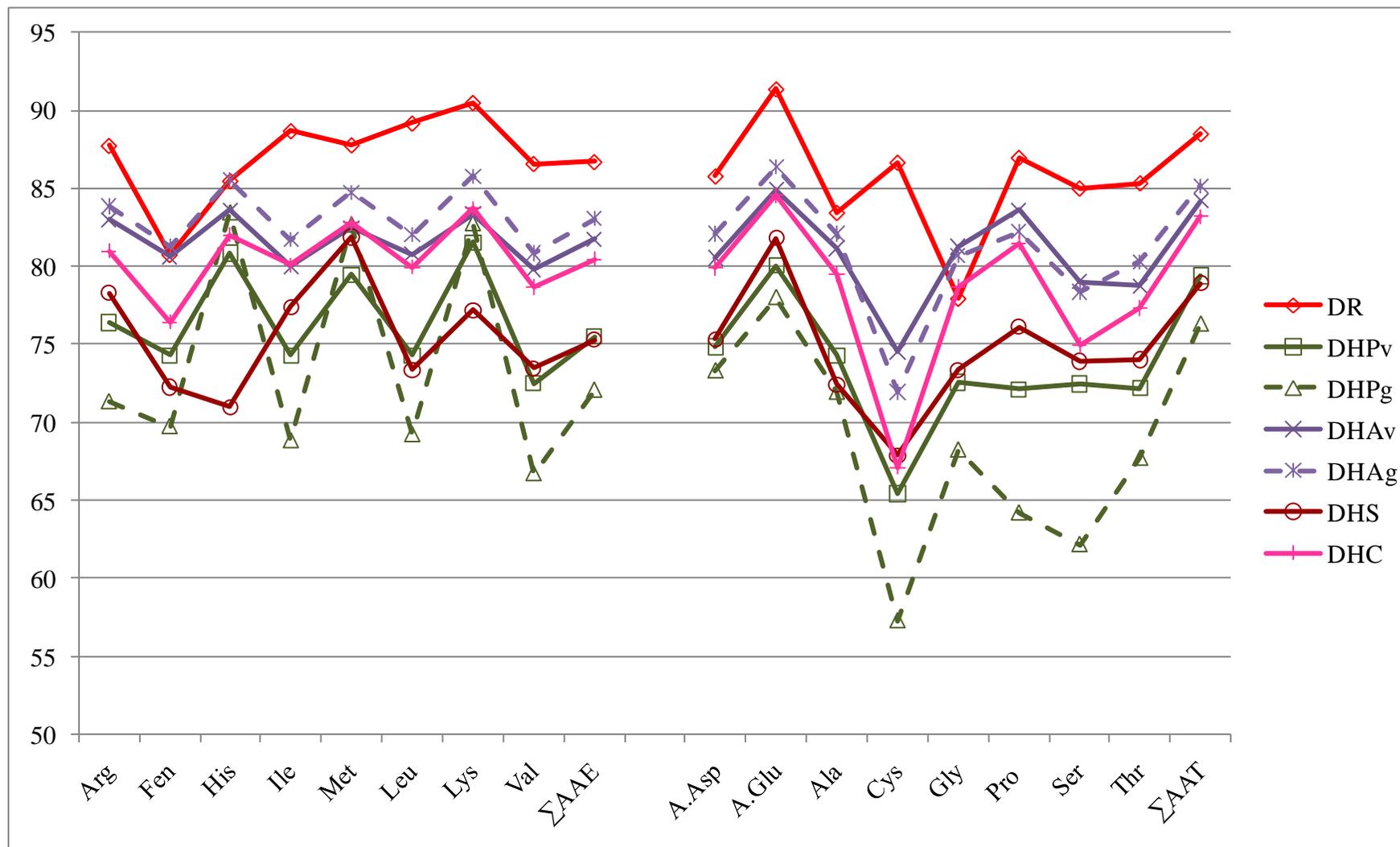


Tabla 39.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA (%) en subproductos de rastro.

	HPv	HPg	HAv	HAg	HS	HC
Materia seca	61.7 ± 2.0c	61.4 ± 2.6c	70.2 ± 3.3ab	72.9 ± 1.2a	57.5 ± 2.5d	68.8 ± 1.6b
Energía	81.7 ± 1.7a	77.8 ± 4.2ab	82.3 ± 1.4a	80.8 ± 3.6a	74.4 ± 4.1b	73.5 ± 3.4b
Proteína	65.6 ± 1.0c	65.0 ± 2.5c	78.4 ± 1.4a	79.7 ± 1.4a	67.1 ± 1.7c	75.7 ± 2.3b
Arginina	66.1 ± 2.2c	58.3 ± 4.8d	78.3 ± 2.6a	79.8 ± 1.7a	69.3 ± 3.3c	72.9 ± 3.3b
Fenilalanina	68.5 ± 1.8b	60.2 ± 4.9c	80.5 ± 2.6a	82.1 ± 1.8a	67.0 ± 5.3c	68.4 ± 2.9b
Histidina	68.4 ± 2.3d	79.6 ± 2.0b	81.6 ± 2.0b	85.6 ± 1.4a	65.7 ± 3.6d	76.4 ± 1.5c
Isoleucina	63.0 ± 1.5b	54.2 ± 5.1c	70.4 ± 2.4a	73.3 ± 1.9a	68.5 ± 2.1a	64.1 ± 4.8b
Metionina	50.3 ± 5.1c	72.1 ± 2.4b	76.8 ± 2.7ab	81.1 ± 2.7a	74.6 ± 3.0b	73.4 ± 3.1b
Leucina	60.9 ± 1.9b	53.0 ± 5.0c	71.0 ± 2.3a	73.4 ± 1.7a	64.1 ± 2.7b	64.4 ± 4.5b
Lisina	55.1 ± 2.4d	68.1 ± 2.2c	76.3 ± 1.8b	80.7 ± 1.5a	69.5 ± 3.0c	73.6 ± 2.0b
Treonina	61.3 ± 2.2d	55.3 ± 4.8e	71.7 ± 2.6ab	74.7 ± 1.7a	67.0 ± 3.3bc	64.4 ± 4.7cd
Valina	64.1 ± 1.8b	54.6 ± 5.0c	72.4 ± 2.4a	74.1 ± 1.4a	65.9 ± 2.4b	66.4 ± 6.2b
∑AAE	64.2 ± 1.8c	58.8 ± 4.2d	76.5 ± 2.1a	78.9 ± 1.4a	68.1 ± 2.9b	71.2 ± 3.4b
Ácido Aspártico	60.7 ± 2.1d	59.5 ± 3.6d	74.5 ± 2.4ab	77.5 ± 1.5a	67.0 ± 3.0c	70.7 ± 3.1bc
Ácido Glutámico	60.5 ± 1.8d	58.8 ± 3.7d	74.9 ± 2.2ab	78.2 ± 1.4a	68.0 ± 2.3c	71.0 ± 3.3bc
Alanina	64.4 ± 1.8d	60.6 ± 3.3c	79.1 ± 1.9a	80.8 ± 1.0a	65.7 ± 2.9c	75.4 ± 2.7b
Cistina	58.3 ± 3.3ab	51.0 ± 5.6b	61.0 ± 2.5a	58.3 ± 1.7ab	58.8 ± 3.2ab	36.2 ± 7.2c
Glicina	68.4 ± 1.7c	61.7 ± 3.4d	83.8 ± 1.5a	82.8 ± 0.3a	67.6 ± 2.9c	79.2 ± 2.8b
Serina	67.7 ± 2.0c	54.3 ± 5.7c	72.0 ± 2.7a	71.2 ± 1.3a	65.5 ± 3.6b	60.0 ± 9.6bc
Prolina	63.6 ± 1.9c	52.0 ± 6.3c	80.1 ± 1.4a	77.2 ± 0.6a	63.9 ± 2.5b	76.3 ± 3.6a
∑AAT	70.9 ± 1.6c	66.3 ± 3.6d	79.4 ± 2.0a	81.3 ± 1.2a	71.5 ± 2.7c	75.7 ± 3.2b

Promedio n = 4, ± = desviación estándar, letras diferentes en la misma fila indica diferencias significativas entre ingredientes de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha = 0.05$), ∑AAE; suma de AA esenciales, ∑AAT: suma de AA totales. HPv, HPVv, HPg, HPg, HS, HC,: corresponden a la nomenclatura de las harinas de pluma v, harina de pluma g, harina de ave v, harina de ave g, harina de sangre y harina de cerdo, respectivamente

6.3.9. Diferencias entre CDPC y CDAAA en subproductos de rastro

Las diferencias entre los CDAAA y CDAPC fueron inferiores al 5% con excepción de la Harina de cerdo (7%), la harina de sangre no presentó diferencias. Cistina fue el aminoácido con mayores diferencias en todos los subproductos de rastro, mostrando diferencias con respecto a la digestibilidad de la proteína bruta entre 7 y 37% (tabla 40).

Tabla 40.- Diferencias entre digestibilidad de AA individuales y digestibilidad de proteína cruda del mismo ingrediente (unidades porcentuales) subproductos de rastro.

	HPv	HPg	HAv	HAg	HS	HC
Arginina	-1	7	0	0	-2	3
Fenilalanina	-3	5	-2	-3	0	7
Histidina	-3	-14	-3	-6	1	-1
Isoleucina	3	11	9	7	-1	13
Leucina	5	12	7	6	3	11
Lisina	10	-3	2	-1	-2	2
Metionina	16	-6	2	-1	-7	3
Treonina	4	10	7	5	0	11
Valina	2	11	6	6	1	10
∑EAA	2	7	2	1	-1	5
Ácido Aspártico	5	6	4	2	0	5
Ácido Glutámico	5	6	3	1	-1	4
Alanina	1	4	-1	-1	1	0
Cistina	7	14	15	20	7	37
Glicina	-3	3	-5	-3	-1	-3
Prolina	2	13	-2	2	3	-1
Serina	-2	11	6	8	1	15
∑AAT	-4	0	0	-1	-3	1

HPv: harina de pluma v; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave G; HPg: harina de pluma G; HS: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑EAA: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales

6.3.10. CDAAA corregidos por lixiviación en subproductos de rastro

Las diferencias entre los CDAAA estándar menos los CDAAA corregidos por lixiviación son presentados en la tabla 41. Los ajustes fueron nulos para dos ingredientes (harina de pluma v y harina de ave G), en el resto de los ingredientes los CDAAA eran sobreestimados, la harina de sangre y la harina de cerdo presentaron el mayor ajuste (6 y 4%, respectivamente), la harina de ave v presentó un ajuste del 2% y la harina de pluma G 1%. Lisina e histidina fueron los AA más sobreestimados (ajustes promedio de 9 y 6 %,

respectivamente), el resto de los AA mostraron ajustes promedio inferiores al 3%. Los CDAAA corregidos por lixiviación son presentados en la tabla 42.

Tabla 41.- Diferencias entre CDAAA estándar menos CDAAA corregidos por lixiviación de nutrientes, después de 1 hora de inmersión en agua marina

	HPv	HPg	HAv	HAg	HS	HC	Promedio
Arginina	2	1	0	1	2	6	2
Fenilalanina	0	0	-2	-1	11	0	1
Histidina	5	2	3	3	15	5	6
Isoleucina	1	-2	-1	0	9	1	1
Leucina	1	0	-1	0	11	3	2
Lisina	16	6	4	5	13	9	9
Metionina	7	-1	1	0	4	2	2
Treonina	2	0	-1	0	9	2	3
Valina	2	-1	1	2	12	5	3
∑EAA	2	0	0	1	9	4	3
Ácido Aspártico	2	-1	-1	-1	6	1	1
Ácido Glutámico	2	0	0	1	4	0	1
Alanina	3	1	0	1	5	7	3
Cistina	-3	-1	-2	1	11	-2	1
Glicina	0	-1	-1	-1	-16	8	-1
Prolina	1	0	-1	0	-5	5	0
Serina	2	1	-1	1	6	2	3
∑AAT	0	-1	-1	0	4	3	1
Promedio	2	0	0	1	6	4	

HPv: harina de pluma v; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave G; HPg: harina de pluma G; HS: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑EAA: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales

Tabla 42.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA en sub-productos de rastro corregidos por lixiviación de nutrientes.

	HPv	HPg	HAv	HAg	HSg	HC
Materia seca	55.2 ± 2.0c	58.4 ± 2.8b	69.9 ± 3.4a	71.0 ± 1.2a	56.4 ± 2.6b	69.1 ± 1.7a
Proteína	65.3 ± 1.0c	66.8 ± 2.6c	81.5 ± 1.4a	82.3 ± 1.5a	63.7 ± 1.9d	76.4 ± 2.5b
Arginina	65.4 ± 2.0c	58.5 ± 4.6d	79.9 ± 2.0a	80.6 ± 1.0a	69.0 ± 3.1b	68.8 ± 4.7b
Fenilalanina	71.1 ± 1.8b	63.4 ± 4.9c	86.3 ± 2.6a	87.6 ± 1.8a	58.3 ± 6.5c	74.3 ± 3.0b
Histidina	73.5 ± 2.5c	84.6 ± 2.1a	83.1 ± 2.2a	86.5 ± 1.5a	51.7 ± 5.1d	77.7 ± 1.7b
Isoleucina	63.2 ± 1.6b	56.9 ± 5.0c	72.4 ± 2.5a	74.4 ± 1.9a	60.1 ± 2.6b	64.7 ± 5.1b
Leucina	61.4 ± 1.9b	55.0 ± 5.0c	73.3 ± 2.3a	75.2 ± 1.8a	54.2 ± 3.4c	64.7 ± 4.8b
Lisina	45.5 ± 3.1d	66.2 ± 2.6b	74.1 ± 2.2a	77.6 ± 1.8a	57.3 ± 4.2c	67.7 ± 2.6b
Metionina	46.8 ± 6.2c	75.1 ± 2.7ab	76.9 ± 3.1a	82.3 ± 3.1a	72.2 ± 3.7b	73.5 ± 3.6b
Treonina	61.2 ± 2.3bc	56.6 ± 4.9c	75.0 ± 2.5a	77.5 ± 1.7a	59.4 ± 4.0bc	65.5 ± 5.0b
Valina	63.6 ± 1.9b	57.3 ± 4.9bc	73.7 ± 2.5a	73.9 ± 1.5a	55.0 ± 3.1bc	63.7 ± 6.9b
∑AAE	63.3 ± 2.0c	59.7 ± 1.5c	77.5 ± 2.2a	79.3 ± 1.5a	59.7 ± 3.6c	68.7 ± 3.8b
Ácido Aspártico	61.0 ± 2.2c	62.0 ± 3.6c	77.5 ± 2.4a	80.4 ± 1.5a	62.4 ± 3.4c	72.0 ± 3.2b
Ácido Glutámico	59.3 ± 1.9d	60.0 ± 3.8d	76.1 ± 2.2a	78.5 ± 1.4a	64.6 ± 2.6c	72.1 ± 3.4b
Alanina	64.3 ± 1.9c	62.3 ± 3.4c	81.2 ± 2.0a	82.4 ± 1.0a	62.3 ± 3.3c	71.6 ± 3.2b
Cistina	62.7 ± 3.1b	53.0 ± 5.4c	67.9 ± 2.4a	61.0 ± 1.7b	49.4 ± 3.9c	44.4 ± 7.9d
Glicina	69.8 ± 1.8b	63.8 ± 3.6c	86.8 ± 1.6a	85.7 ± 0.4a	86.3 ± 2.4a	72.4 ± 3.8b
Serina	67.1 ± 2.1b	54.1 ± 5.8d	75.7 ± 2.7a	73.2 ± 1.3a	61.1 ± 4.1c	66.1 ± 9.9b
Prolina	63.7 ± 2.0c	52.4 ± 6.5d	82.1 ± 1.5a	78.6 ± 1.5a	70.2 ± 2.4b	72.2 ± 5.1b
∑AAT	69.1 ± 1.7b	65.5 ± 3.6c	79.9 ± 2.0a	81.2 ± 1.2a	65.3 ± 3.1c	73.0 ± 3.5b

HPv: harina de pluma v; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave G; HPg: harina de pluma G; HS: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑EAA: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales, Promedio n = 4, ± = desviación estándar, Letras diferentes en la misma fila indica diferencias de acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan ($\alpha=0.05$)

6.3.11. Contenido de AA digestibles estándar en subproductos de rastro

La harina de sangre tiene el mayor aporte de AA esenciales y totales digestibles (33.0 y 66.0%, respectivamente) y la harina de cerdo presentó el aporte menor de AA esenciales y totales digestibles (3.7 y 38.1%, respectivamente). El contenido de AA digestibles (cálculos estándar) se presenta en la tabla 43.

Tabla 43.- Contenidos de AA digestibles (cálculos estándar, g AA / 100 g BS) en subproductos de rastro

	HPv	HPg	HAv	HAg	HS	HC
Arginina	3.74	3.47	3.73	3.52	3.47	2.85
Fenilalanina	2.91	2.44	2.11	2.05	3.83	1.26
Histidina	0.48	0.74	1.29	1.35	3.19	0.82
Isoleucina	2.60	2.21	1.91	1.80	2.64	1.02
Lisina	0.87	1.56	3.28	3.19	5.29	2.10
Leucina	3.88	3.46	3.22	3.18	5.85	1.99
Metionina	0.24	0.54	1.10	1.04	0.94	0.60
Treonina	2.33	2.27	1.95	1.94	3.18	1.14
Valina	4.19	3.22	2.36	2.22	4.11	1.51
∑AAE	21.5	20.3	21.3	20.6	33.0	13.7
Ácido Aspártico	3.42	3.61	4.28	4.14	5.66	2.99
Ácido Glutámico	5.30	5.74	6.73	6.58	6.67	4.91
Alanina	2.69	2.57	3.60	3.50	4.55	2.98
Cistina	1.52	1.92	0.44	0.50	1.01	0.18
Glicina	4.60	4.46	5.40	4.98	2.63	5.46
Prolina	5.41	4.36	3.44	3.25	2.57	3.55
Serina	6.36	5.17	2.01	2.14	2.87	1.30
∑AAT	58.9	58.1	51.0	49.5	66.0	38.1

HPv: harina de pluma v; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave G; HPg: harina de pluma G; HS: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑EAA: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales

6.3.12. Contenidos de AA digestibles corregidos por lixiviación en subproductos de rastro

Los contenidos de AA individuales corregidos por lixiviación de nutrientes son presentados en la tabla 44. El ajuste aplicado a los coeficientes estándar fue a reducirlos

(6%, valor máximo promedio). La harina de sangre tiene el mayor aporte de AA esenciales y totales digestibles (33.5 y 62%, respectivamente) y la harina de cerdo presentó el aporte menor de AA esenciales y totales digestibles (15.6 y 36.5%, respectivamente).

Tabla 44- Contenidos de AA digestibles (g AA / 100 g BS) en sub-productos de rastro corregidos por lixiviación de nutrientes

	HPv	HPg	HAv	HAg	HS	HC
Arginina	3.63	3.43	3.73	3.49	3.38	2.62
Fenilalanina	2.91	2.46	2.16	2.09	3.23	1.26
Histidina	0.44	0.72	1.25	1.30	2.44	0.76
Isoleucina	2.56	2.28	1.92	1.78	2.27	0.99
Lisina	0.62	1.43	3.10	2.98	4.27	1.85
Leucina	3.80	3.48	3.25	3.17	4.85	1.90
Metionina	0.20	0.54	1.08	1.04	0.89	0.58
Treonina	2.25	2.26	1.97	1.95	2.75	1.09
Valina	4.07	3.31	2.33	2.15	3.36	1.38
∑AAE	20.7	20.2	21.2	26.3	28.5	12.8
Ácido Aspártico	3.32	3.64	4.34	4.18	5.15	2.93
Ácido Glutámico	5.13	5.79	6.77	6.55	6.27	4.92
Alanina	2.56	2.53	3.59	3.45	4.20	2.72
Cistina	1.61	1.98	0.47	0.50	0.82	0.20
Glicina	4.58	4.50	5.48	5.05	3.25	4.89
Prolina	5.35	4.34	3.47	3.26	2.77	3.30
Serina	6.24	5.09	2.05	2.14	2.61	1.26
∑AAT	57.6	57.8	50.8	49.0	60.9	36.2

HPv: harina de pluma v; HAv: harina de ave v; HAg: harina de ave G; HPg: harina de pluma G; HS: harina de sangre, HC: harina de cerdo; ∑EAA: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales

6.4. Productos de trigo

6.4.1. Composición química y contenido de AA en ingredientes.

La composición química de los ingredientes evaluados se presenta en la tabla 45. El contenido de proteína cruda fue de 13.8 hasta 15.2% entre los diferentes ingredientes. El

contenido de lípidos osciló entre 1.1 y 2.7%, HHRW presentó el contenido más bajo de lípidos comparado con el resto de los productos de trigo. El contenido de fibra fue el más bajo en HHRW y sémola, en contraste con el resto de los productos de trigo que oscilaron entre 1.1 hasta 2.9%. El contenido de cenizas varió desde 0.7 a 1.8%, HHRW presentó el valor más bajo, mientras que los trigos enteros presentaron los valores mayores de cenizas. El contenido de energía fue entre 4179 y 4625 cal/g. La composición de AA fue muy similar entre los ingredientes prueba, no obstante una variación fue observada en Fenilalanina, Isoleucina, Ácido Aspártico, Ácido Glutámico y Prolina tendiendo a ser mayor en los productos purificados (HHRW, HTR y Sémola) que en los granos enteros; además las concentraciones de Histidina, Arginina y Lisina fueron bajas en HHRW, Histidina en HTR e Histidina y Lisina en sémola.

Tabla 45. Composición química (%), densidad energética (cal/g) y contenido de AA (g AA/ 100 g BS) en productos de trigo.

	IR	GHRW	GTD	GTR	HHRW	HTD	S
Proteína cruda	34.6	14.3	13.8	14.9	14.0	15.2	14.9
Lípidos	9.7	2.7	1.9	2.0	1.1	2.6	2.5
Fibra	4.1	2.3	2.9	2.7	0.5	1.1	0.8
Cenizas	10.2	1.7	1.8	1.6	0.7	1.2	1.2
ELN	41.4	79.0	79.6	78.7	83.6	79.8	80.6
Energía bruta	5312	4625	4233	4563	4179	4555	4305
Arginina	1.91	0.64	0.64	0.65	0.55	0.68	0.60
Fenilalanina	1.56	0.64	0.64	0.68	0.71	0.70	0.72
Histidina	0.74	0.33	0.33	0.34	0.31	0.35	0.35
Isoleucina	1.23	0.46	0.48	0.47	0.50	0.50	0.54
Leucina	2.14	0.92	0.94	0.94	0.97	0.99	1.03
Lisina	1.73	0.39	0.37	0.37	0.31	0.37	0.34
Metionina	0.64	0.21	0.22	0.21	0.22	0.23	0.24
Treonina	1.17	0.41	0.37	0.40	0.38	0.41	0.39
Valina	1.47	0.57	0.61	0.57	0.59	0.62	0.63
∑AAE	12.58	4.59	4.60	4.64	4.56	4.85	4.84
Ácido Aspártico	2.74	0.71	0.67	0.72	0.58	0.68	0.63
Ácido Glutámico	5.65	4.08	3.91	4.40	4.79	4.53	4.60
Alanina	1.73	0.49	0.47	0.49	0.44	0.50	0.45
Cistina	0.40	0.31	0.29	0.32	0.32	0.32	0.30

Glicina	1.99	0.58	0.50	0.57	0.51	0.58	0.49
Prolina	2.05	1.39	1.33	1.46	1.63	1.51	1.59
Serina	1.32	0.66	0.61	0.68	0.67	0.68	0.67
Σ AAT	28.47	12.81	12.38	13.29	13.51	13.65	13.57

IR: ingrediente de referencia, GHRW: grano hard red winter, GTD: grano trigo Durum, GTR: grano trigo rayon, HHRW: harina hard red winter, HTD: mezcla harina trigo duro; S: semola; DR: dieta de referencia; MS: materia seca; ELN: extracto libre de nitrógeno; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales.

6.4.2. Composición química y contenido de AA en dietas con productos de trigo

La composición química de las dietas experimentales es presentada en la tabla 46. El contenido de nutrientes fue muy similar entre las dietas experimentales con productos de trigo y muy cercanas a los valores esperados. El contenido de PC osciló entre 29.5 y 30.5%, el contenido de aminoácidos totales también fue muy homogenio variando de 25.3 hasta 26.1%.

Tabla 46.- Composición química (%), densidad energética y contenido de AA (g AA / 100 g BS) de dietas experimentales.

	DR	DGHRW	DGTD	DGTR	DHHRW	DHTD	DS
Proteína Cruda	35.0	30.2	30.5	30.0	30.2	30.2	29.5
Lípidos	8.9	6.5	6.6	7.0	6.4	6.7	6.9
Fibra	3.2	2.5	2.2	2.5	2.0	2.2	2.2
Cenizas	8.5	6.4	7.2	6.7	6.4	6.0	6.6
ELN	44.4	52.4	53.5	53.8	55.0	54.9	54.8
Energía bruta	4920	4503	5086	4751	5281	5086	4755
Arginina	2.02	1.65	1.69	1.65	1.63	1.67	1.60
Fenilalanina	1.56	1.38	1.40	1.39	1.41	1.43	1.41
Histidina	0.76	0.66	0.67	0.65	0.66	0.66	0.64
Isoleucina	1.30	1.13	1.13	1.09	1.13	1.08	1.07
Leucina	2.28	1.96	1.98	1.93	1.96	1.95	1.92
Lisina	1.83	1.43	1.45	1.40	1.41	1.42	1.39
Metionina	0.67	0.57	0.58	0.55	0.56	0.55	0.53
Treonina	1.23	1.01	1.02	1.00	1.01	1.03	1.00
Valina	1.54	1.35	1.35	1.29	1.33	1.30	1.27
Σ AAE	13.19	11.14	11.27	10.97	11.11	11.08	10.82
Á. Aspártico	2.89	2.30	2.34	2.30	2.29	2.28	2.24
Á. Glutámico	5.98	5.70	5.65	5.66	5.84	5.78	5.60
Alanina	1.81	1.46	1.48	1.45	1.45	1.45	1.42

Cistina	0.46	0.39	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38
Glicina	2.08	1.68	1.68	1.66	1.66	1.66	1.61
Prolina	2.20	2.02	2.04	2.05	2.08	2.05	1.99
Serina	1.41	1.18	1.22	1.21	1.21	1.24	1.22
Σ AAT	30.0	25.85	26.05	25.67	26.02	25.94	25.28

DGHRW: dieta grano hard red winter, DGTD: dieta grano trigo Durum, DGTR: dieta grano trigo rayón, DHHRW: dieta harina hard red winter, DHTD: dieta mezcla harina trigo duro; DS: dieta de sémola; DR: dieta de referencia; MS: materia seca; ELN: extracto libre de nitrógeno; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales.

6.4.3. Pérdidas de nutrientes en dietas con productos de trigo

La pérdida de materia seca entre las diferentes dietas experimentales varió desde 8 hasta 10%, por el contrario la pérdida de proteína fue significativamente diferente entre las dietas. La dieta de referencia presentó la pérdida de proteína más baja (15%), seguida de DHHRW, DHTD, DS (21 a 25%) mientras que las dietas que contenían grano de trigo hard red winter y grano de trigo duro resultaron con la pérdida de proteína más alta (26 y 28% respectivamente). En general, la lixiviación de Σ AAT osciló entre 19 y 27% entre los productos de trigo (ver tabla 47). Arginina, histidina, metionina, lisina, ácido Glutámico, alanina, glicina y prolina presentaron las lixiviaciones de AA mayores (desde 25 hasta 35%); en contraste, fenilalanina, isoleucina, leucina, treonina, valina y ácido Aspártico mostraron el rango de lixiviación más bajo (19 a 21%).

Tabla 47.- Pérdidas de AA dietarios en agua marina (% del contenido inicial) productos de trigo

	DR	DGHRW	DGTD	DGTR	DHHRW	DHTD	DS	Promedio *
Arginina	17	32	32	29	25	29	28	29de
Fenilalanina	5	22	23	21	15	24	23	21abc
Histidina	5	26	28	24	21	25	24	25abc
Isoleucina	7	27	26	21	16	7	17	19a
Leucina	3	25	25	21	17	18	21	21abc
Lisina	19	34	33	29	24	17	27	27bcd
Metionina	26	38	38	34	31	33	33	35e
Treonina	4	25	25	23	18	9	20	20a
Valina	2	28	27	21	17	9	18	20a
∑AAE	9	28	28	24	20	19	23	24abcd
Ácido Aspártico	7	26	26	23	18	9	20	20ab
Ácido Glutámico	10	24	24	22	16	39	25	25abcd
Alanina	9	29	30	27	23	15	24	25abcd
Cistina	12	23	23	20	16	36	24	24abcd
Glicina	21	32	34	30	26	28	29	30de
Prolina	17	26	29	27	18	39	27	28cd
Serina	8	22	23	23	18	20	24	22abc
∑AAT	11	27	27	24	19	25	24	24abcd

DR dieta de referencia; DGHRW dieta de grano de trigo hard red winter; DGTD dieta de grano de trigo durum; DGTR dieta de grano de trigo Rayón; DHHRW dieta de harina de hard red winter, DHTD dieta de harina de trigo duro; DS dieta de sémola; ∑AAE suma de AAE; ∑AAT suma de AA totales; *ANOVA entre pérdidas de AA: P <0.001; letras diferentes en la columna de promedio indica diferencias acorde a la prueba múltiple de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

6.4.4. Contenido de nutrientes en heces con productos de trigo

El contenidos de óxido de cromo, energía, proteína cruda (ver tabla 48), AA esenciales (tabla 49) y AA no esenciales (tabla 50) en las heces fueron bastante reproducibles entre los tanques replicados que recibieron las misma dieta, con coeficientes de variación generalmente por debajo de 5%, siendo el valor mayor 10%.

Tabla 48.- Contenido de Óxido de cromo (%), energía (cal/g) y proteína cruda (%) en heces de productos de trigo

	HDR	HDGHRW	HDGTD	HDGTR	HDHHRW	HDHTD	HDS
Cr ₂ O ₃	3.7	3.0	3.1	3.0	3.5	3.2	3.1
SD	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2
CV	7	8	10	5	10	6	6
Energía	2800	3197	3187	3139	2956	2772	3134
SD	142	105	100	105	272	189	148
CV	5	3	3	3	9	7	5
Proteína cruda	22.1	18.9	19.5	19.1	19.9	20.4	21.0
SD	2	2	2	1	2	1	1
CV	10	9	10	4	6	3	5

HDR: heces dieta de referencia; HDGHRW: heces dieta grano hard red winter, HDGTD: heces dieta grano trigo durum; HDGTR: heces dieta grano trigo rayón, HDHHRW: heces dieta harina de hard red winter, HDHTD: heces dieta harina trigo durum, HDS: heces dieta sémola, respectivamente; Cr₂O₃: Óxido de cromo, Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 49.- Contenido de AA esenciales (g/100 g BS) y óxido de cromo (%) en heces de productos de trigo

	HDR	HDGHRW	HDGTD	HDGTR	HDHHRW	HDHTD	HDS
Arginina	1.1	2.9	2.0	1.9	3.5	2.2	2.0
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2
CV	7	4	2	3	8	4	8
Fenilalanina	1.4	2.3	1.5	1.5	2.6	2.8	1.6
SD	0.1	0.1	0.04	0.1	0.2	0.3	0.1
CV	8	3	2	4	8	9	3
Histidina	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	1.9	0.6

SD	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.1	0.01
CV	7	3	2.2	5	2	7	1
Isoleucina	0.7	2.1	1.5	1.4	2.5	1.7	1.2
SD	0.1	0.1	0.04	0.1	0.2	0.1	0.1
CV	11	4	3	5	9	4	8
Metionina	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5
SD	0.04	0.02	0.03	0.1	0.01	0.03	0.02
CV	11	4	4	8	2	6	4
Leucina	1.1	3.7	2.5	2.3	4.3	4.4	2.1
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0.2
CV	11	4	2	5	8	4	7
Lisina	0.8	1.2	1.8	1.6	1.3	2.8	1.5
SD	0.1	0.03	0.04	0.1	0.02	0.2	0.1
CV	13	3	2	5	2	6	3
Treonina	0.8	2.2	1.5	1.4	2.5	2.2	1.3
SD	0.1	0.1	0.03	0.1	0.2	0.1	0.1
CV	8	4	2	4	8	5	6
Valina	0.9	3.2	1.8	1.7	3.7	2.8	1.6
SD	0.1	0.2	0.04	0.1	0.3	0.1	0.2
CV	7	5	2	4	9	3	11

HDR: heces dieta de referencia; HDGHRW: heces dieta grano hard red winter, HDGTD: heces dieta grano trigo durum; HDGTR: heces dieta grano trigo rayón, HDHHRW: heces dieta harina de hard red winter, HDHTD: heces dieta harina trigo durum, HDS: heces dieta sémola, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 50.- Contenido de AA no esenciales (g/100 g BS) en heces de productos de trigo

	HDR	HDGHRW	HDGTD	HDGTR	HDHHRW	HDHTD	HDS
Ácido aspártico	1.9	3.6	3.1	2.8	3.9	4.1	2.7
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
CV	8	3	2	4	5	4	4
Ácido glutámico	2.3	5.2	4.3	3.9	5.8	4.9	3.9
SD	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2
CV	7	3	2	4	6	3	6
Alanina	1.4	2.5	2.1	2.0	2.7	3.3	2.1
SD	0.1	0.1	0.04	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	6	3	2	3	5	4	5
Cistina	0.3	1.4	0.5	0.6	2.2	0.9	0.6
SD	0.02	0.1	0.01	0.02	0.2	0.04	0.1
CV	8	6	2	3	10	4	10
Glicina	2.1	3.7	2.7	2.8	4.3	2.5	3.2
SD	0.04	0.1	0.04	0.03	0.2	0.1	0.2
CV	2	3	1	1	5	2	6
Prolina	1.3	4.6	2.0	2.1	5.5	2.3	2.3
SD	0.1	0.2	0.01	0.03	0.6	0.1	0.2
CV	4	4	1	2	10	4	10
Serina	1.0	4.3	1.6	1.7	5.4	2.2	1.7

SD	0.1	0.2	0.03	0.1	0.6	0.1	0.2
CV	6	5	2	3	10	5	10
Σ AAE	9.0	21.0	15.9	15.0	24.0	24.7	14.4
SD	0.8	0.8	0.4	0.6	1.7	1.1	0.8
CV	8	4	2	4	7	5	6
Σ AAT	16.2	37.8	27.6	26.2	43.4	38.3	25.9
SD	1.1	1.3	0.5	1.0	3.1	1.6	1.6
CV	7	4	2	4	7	4	6

HDR: heces dieta de referencia; HDGHRW: heces dieta grano hard red winter, HDGTD: heces dieta grano trigo durum; HDGTR: heces dieta grano trigo rayón, HDHHRW: heces dieta harina de hard red winter, HDHTD: heces dieta harina trigo durum, HDS: heces dieta sémola, respectivamente; Promedio $n = 4$, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación, Σ AAE; suma de AA esenciales, Σ AAT: suma de AA totales.

6.4.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con productos de trigo.

Las dietas experimentales mostraron CDA superiores a los registrados por la dieta de referencia tanto para CDAMS y CDAPC, sin embargo para CDAE las dietas que contenían trigos enteros se comportaron igual a la dieta de referencia; mientras las dietas elaboradas con harinas de trigo (con excepción de la sémola) presentaron valores mayores a los de la dieta de referencia (ver figura 12).

6.4.6. CDA de AA en dietas con productos de trigo

El CDA AA individuales en la dieta de referencia osciló entre 68 y 90%, mientras que el CDA de la suma de AA esenciales fue de 84% y el de AA totales fue de 83%; por otro lado el CDAAA en las dietas experimentales osciló entre 69 y 92% mientras que el rango de los CDA tanto de la suma de esenciales y totales fue desde 81 al 87% (ver figura 13).

6.4.7. CDA de MS, energía y PC en productos de trigo

Los valores de digestibilidad aparente de nutrientes en ingredientes se presentan en la tabla 51. Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca y proteína cruda

fueron estadísticamente similares entre los productos de trigo, rango entre 85 y 97% para materia seca y 90 a 111% para proteína cruda. En contraste, la digestibilidad aparente de energía fue significativamente diferente entre los ingredientes evaluados: GHRW, GTD, GTR y sémola presentaron coeficientes de digestibilidad aparente de energía más bajos (79 a 86%) que la harina de HRW y la harina de trigo duro (101 y 111%). HHRW y HTD mostraron los CDAE más altos (99 y 93% respectivamente) y CDAPC (112 y 96%) que el resto de los ingredientes (72 a 80 para CDAE y 78 a 89% para CDAPC).

Figura 12.- CDAMS, CDAE y CDAPC (%) en dietas con productos de trigo

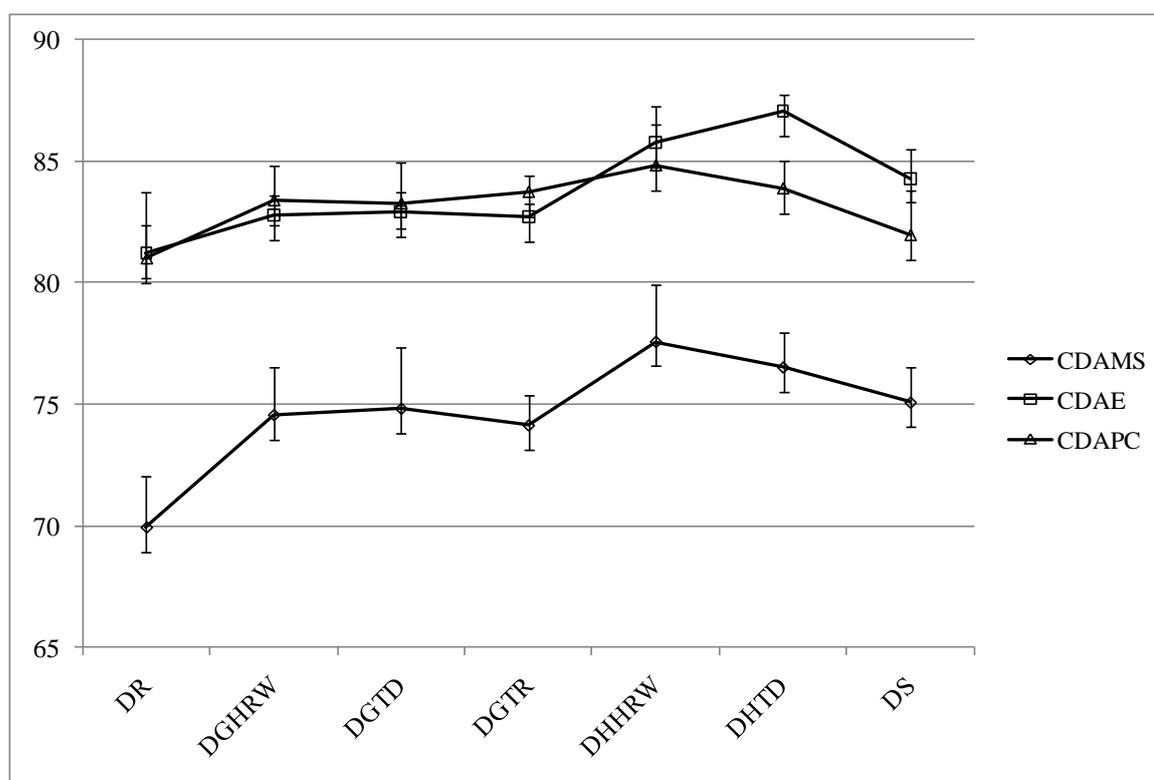
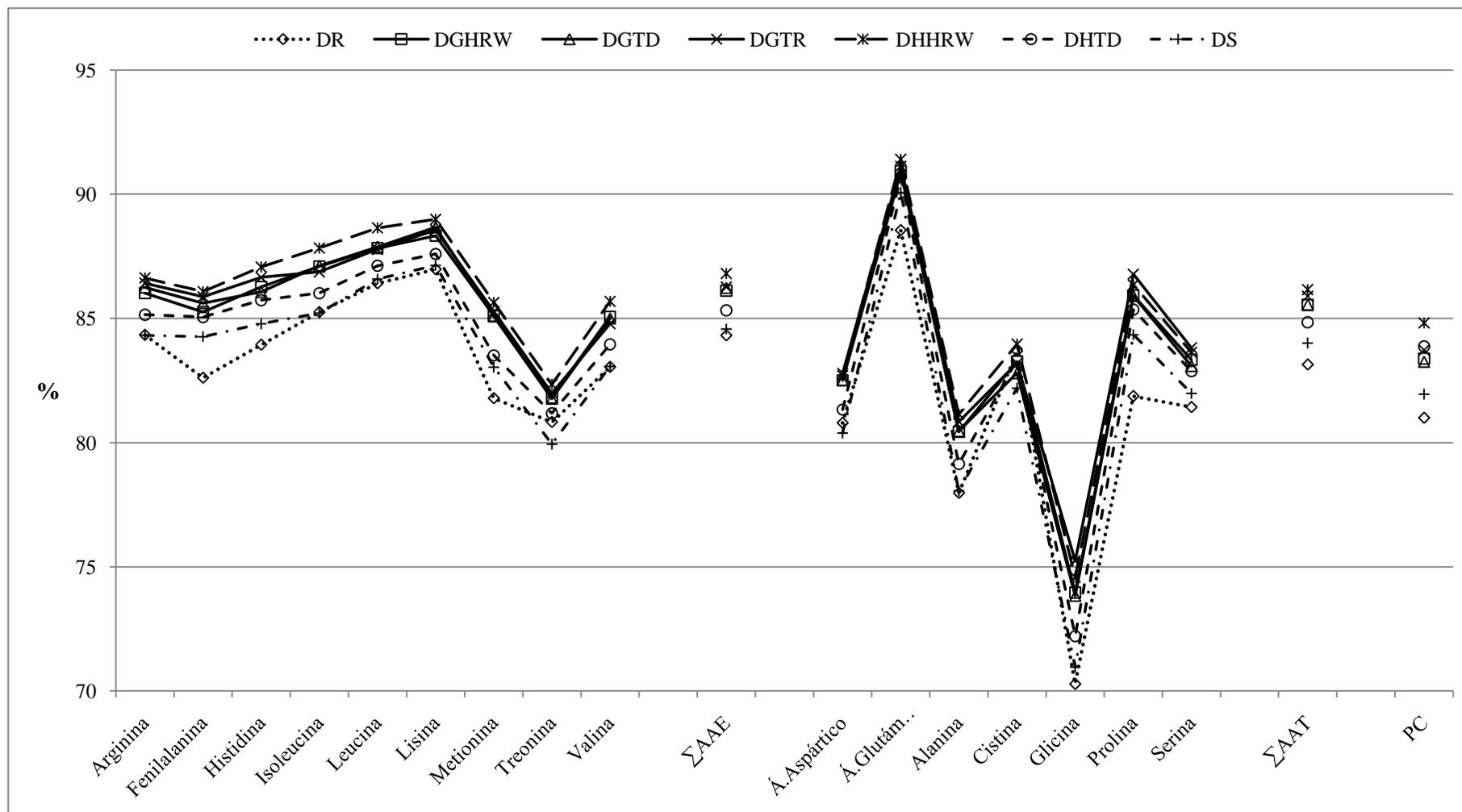


Figura 13.- Coeficientes de digestibilidad aparente de AA (%) en dietas



6.4.8. CDAAA en productos de trigo

Una diferencia significativa fue encontrada en la digestibilidad aparente de la suma de AA totales para GHRW, GTD, GTR y sémola (101 a 104%) siendo mayor a la presentada por HTD y HHRW (95 y 91% respectivamente). Treonina y cistina tendieron a ser más bajos en los productos de trigo.

En general, la sémola exhibió la digestibilidad más baja de AA (desde 73 hasta 95%), seguida por la harina de trigo duro (desde 83 hasta 98%), los trigos enteros (88 a 116%) y la harina de HRW con la mejor DAAA (94 a 117%). Cistina fue el aminoácido menos digestible en los trigos enteros (desde 80 a 82%), la harina de HRW y HTD (85 y 82%) mientras que para sémola la treonina y ácido aspártico fueron los AA menos digestibles (73 y 76%, respectivamente) ver tabla 51.

Tabla 51.- Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, energía, proteína cruda y AA de los productos de trigo y la dieta de referencia

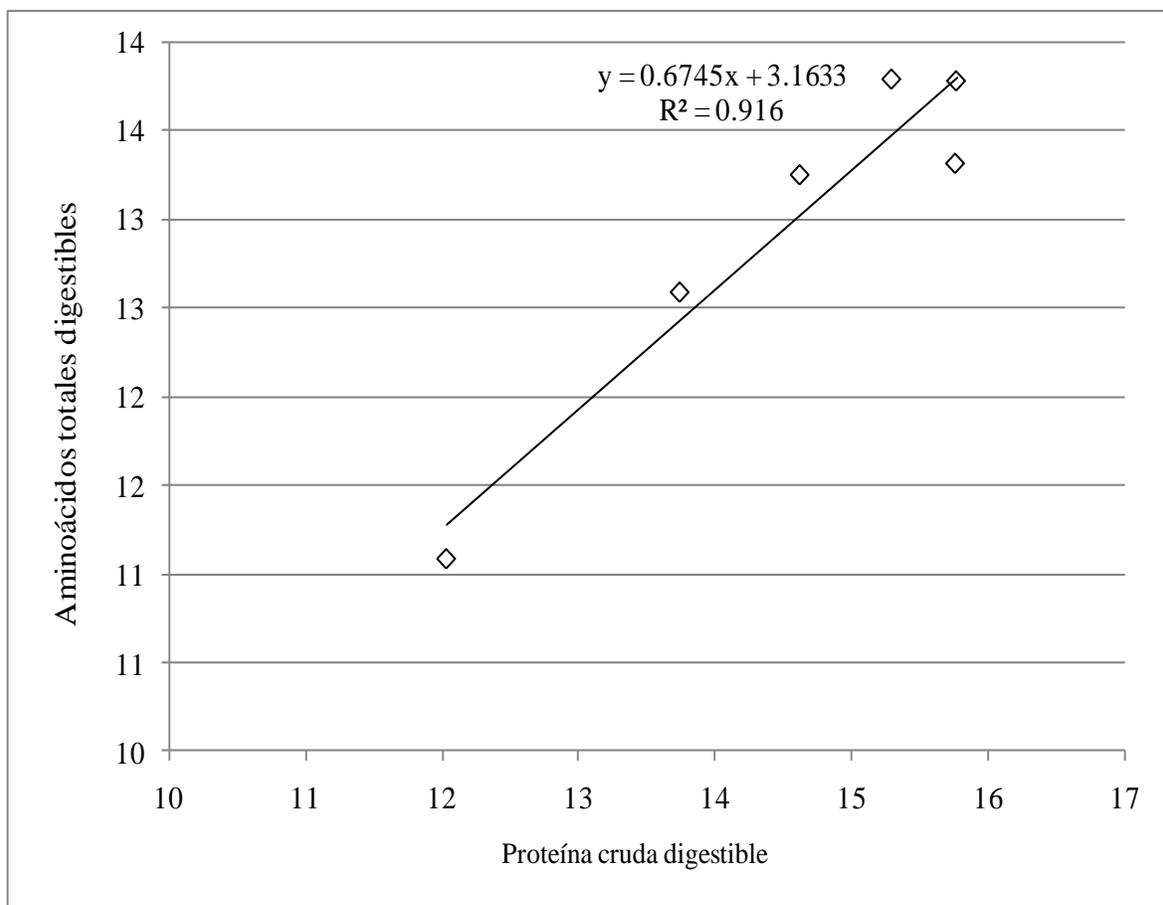
	GHRW	GTD	GTR	HHRW	HTD	S	DR
MS	85±8b	86±8b	84±9b	95±8 ^a	91±5a	87±5b	70±2
Energía	86±3b	87±6b	86±4b	97±3 ^a	98±2a	90±5b	81±1
Proteína cruda	97±10ab	97±3ab	99±4ab	107±17a	99±7ab	88±13b	81±3
Arginina	98±8ab	100±13ab	101±1ab	107±7a	90±11b	84±9c	83±3
Fenilalanina	100±6ab	103±11a	104±3a	105±7a	98±9ab	94±5b	83±3
Histidina	98±6bc	98±10abc	101±5abc	106±6a	94±9ab	90±4a	84±2
Isoleucina	98±7b	99±10b	97±7ab	104±5a	90±13ab	85±7a	85±3
Leucina	96±6 ^a	96±9a	95±4a	101±3a	91±11a	88±6a	86±2
Lisina	102±14ab	107±16ab	106±5ab	117±4a	94±23a	89±11a	87±2
Metionina	108±10b	107±15b	110±7ab	113±7a	94±17ab	92±10a	82±3
Treonina	88±7 ^a	89±17a	90±6a	94±12a	83±16a	73±14a	81±3
Valina	97±6ab	96±11ab	95±5abc	102±7a	89±12ab	83±7a	83±3
∑AAE	98±7b	99±12b	99±4ab	104±6a	91±13ab	86±8a	84±2
Ácido Aspártico	98±9 ^a	99±21a	101±7a	105±20a	86±21a	76±17a	81±2
Ácido Glutámico	99±2 ^a	99±5a	99±1a	100±3a	97±4a	95±3a	89±1
Alanina	100±9bc	102±22bc	105±5abc	112±16a	88±17ab	79±18a	78±3
Cistina	82±2 ^a	80±8a	82±3a	85±6a	82±8a	77±4a	84±3
Glicina	103±11ab	107±30b	116±6ab	116±28a	87±16ab	78±25a	70±3
Prolina	100±3b	101±8b	103±1b	100±6b	96±5ab	93±5a	82±2
Serina	92±5 ^a	92±11a	95±2a	95±7a	89±9a	85±8a	81±3
∑AAT	98±5b	99±10b	100±3ab	102±7b	93±9ab	89±7a	83±2

DR: dieta de referencia; GHRW: grano de trigo hard red winter; GTD: grano de trigo durum; GTR: grano de trigo Rayón; HHRW: harina de hard red winter, HTD: harina de trigo duro; S: sémola; ∑AAE: suma de AAE; ∑AAT: suma de AA totales; *ANOVA entre pérdidas de AA: P <0.001; letras diferentes en la columna de promedio indica diferencias acorde a la prueba múltiple de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

6.4.9 Correlación entre PC digestible vs \sum AAT digestibles en productos de trigo

Una alta correlación fue encontrada entre la proteína cruda digestible y los AA totales digestibles entre los productos de trigo ($r^2=0.916$, Fig. 14).

Figura 14.- Relación entre proteína cruda digestible y la suma de AA totales digestibles en productos de trigo.



6.4.10. Diferencias entre DAPC y DAAA productos de trigo

Al comparar la digestibilidad aparente de la suma de AA totales y la digestibilidad aparente de proteína cruda, la diferencia osciló entre -22 a 17 unidades porcentuales. Cistina y treonina fueron los AA que presentaron enormes diferencias entre el CDAAA totales vs CDAPC (promedio de -16, y -11%, respectivamente), mientras que para el resto de los AA estas diferencias fueron menores (entre -6 y 6%) ver tabla 52.

Tabla 52.- Diferencias entre CDAAA totales y el CDAPC de los productos de trigo (unidades porcentuales)

	GHRW	GTD	GTR	HHRW	HTD	S	Promedio
Arginina	1	3	2	-1	-8	-4	-1
Fenilalanina	3	6	5	-2	-1	6	3
Histidina	2	1	2	-2	-4	2	0
Isoleucina	2	2	-2	-4	-9	-3	-2
Leucina	-1	-1	-4	-6	-8	0	-3
Lisina	6	11	7	9	-5	1	5
Metionina	11	11	11	6	-4	3	6
Treonina	-8	-8	-9	-13	-15	-15	-11
Valina	0	-1	-3	-5	-10	-5	-4
Σ AAE	1	2	0	-3	-8	-1	-2
Ácido Aspártico	1	2	2	-2	-13	-12	-4
Ácido Glutámico	2	2	0	-7	-2	7	0
Alanina	4	6	6	-1	-10	-9	0
Cistina	-15	-17	-17	-22	-17	-11	-16
Glicina	6	11	17	-9	-12	-9	4
Prolina	3	4	4	-7	-3	5	1
Serina	-5	-5	-4	-13	-10	-3	-6
Σ AAT	1	2	1	-5	-6	1	-1

GHRW grano de trigo hard red winter; GTD grano de trigo durum; GTR grano de trigo Rayón; HHRW harina de hard red winter, HTD harina de trigo duro; S sémola; Σ AAE suma de AAE; Σ AA suma de AA totales

6.4.11. CDA de AA corregidos corregidos por lixiviación en productos de trigo

Los coeficientes de digestibilidad aparente de nutrientes después de la prueba de lixiviación son exhibidos en la tabla 53. Después de la prueba de lixiviación, la HHRW presentó la digestibilidad de AA individuales más alta (76 a 113%) que el resto de los productos de trigo (desde 35 a 102%). La sémola fue por mucho el ingrediente con menor digestibilidad de AA individuales (76 a 113%). Alanina, treonina y cistina fueron los AA menos digestibles en el resto de los ingredientes evaluados (35 a 84%).

Tabla 53.- Coeficientes de digestibilidad aparente de MS, energía, proteína cruda y AA (%) de los productos de trigo corregidos por lixiviación para camarón marino *Litopenaeus vannamei*

	GHRW	GTD	GTR	HHRWF	HTD	S
MS	91±9ab	92±8ab	88±7b	97±9a	97±5a	92±5ab
Energía	77±1c	78±6c	77±4c	94±4ab	103±3a	89±7b
Proteína	105±11b	102±4b	103±5b	109±21b	137±7a	91±11c
Arginina	104±10b	107±16b	108±1b	109±6b	130±11a	93±9d
Fenilalanina	106±6bc	108±12b	106±4b	104±7a	123±9c	95±5d
Histidina	96±7b	93±12bc	98±5b	96±6a	115±9bc	83±4c
Isoleucina	101±8b	99±11b	101±7b	103±4a	131±13ab	84±7c
Leucina	94±7b	94±10b	94±5b	95±3a	114±12b	84±7c
Lisina	113±18c	121±20b	121±6b	129±4a	172±22a	106±11d
Metionina	121±14b	121±21b	129±9ab	123±7a	149±17c	106±10c
Treonina	88±8b	88±20b	88±8b	83±10a	140±16a	67±14c
Valina	93±8b	90±13b	94±6b	94±8a	128±13a	73±8c
∑AAE	100±7b	100±14b	101±5b	101±6a	129±15b	86±9c
Ácido Aspártico	103±10b	104±24b	104±8b	97±17a	170±20a	75±17c
Ácido Glutámico	103±2ab	102±5ab	101±2ab	101±3a	101±6c	97±4b
Alanina	100±11b	98±27b	102±6b	97±19a	163±16ab	71±18c
Cistina	87±2a	85±9a	86±4a	85±5a	92±8a	82±4 ^a
Glicina	137±13b	132±38c	142±8b	131±25a	194±16c	100±25d
Prolina	110±2a	109±9a	110±1a	106±5a	109±4c	102±5b
Serina	90±4a	89±14a	88±3a	90±6a	116±9a	79±8b
∑AAT	103±6b	103±12b	104±3b	102±6a	121±9c	91±7d

GHRW: grano de trigo hard red winter; GTD: grano de trigo durum; GTR: grano de trigo Rayón; HHRW: harina de hard red winter, HTD: harina de trigo duro; S: sémola; Σ AAE: suma de AAE; Σ AAT: suma de AA totales; *ANOVA entre pérdidas de AA: P <0.001; letras diferentes en la columna de promedio indica diferencias acorde a la prueba múltiple de medias Duncan ($\alpha=0.05$).

6.4.12. Contenido de AA digestibles estándar en productos de trigo

El contenido de la suma de AA totales digestibles de los productos de trigo osciló entre 12.34 y 14.07%, los resultados de los AA individuales digestibles se presentan en el tabla 54.

Tabla 54.- Contenido de AA digestibles (g AA/100 g BS) estándar en productos de trigo.

	GHRW	GTD	GTR	HHRW	HTD	S
Arginina	0.66	0.66*	0.67*	0.55*	0.64	0.46
Fenilalanina	0.68	0.66*	0.71*	0.70*	0.72	0.62
Histidina	0.35	0.33	0.35*	0.33*	0.35	0.29
Isoleucina	0.48	0.49	0.47	0.50*	0.47	0.42
Leucina	0.93	0.93	0.93	0.97*	0.94	0.83
Lisina	0.41*	0.38*	0.39*	0.31*	0.37	0.28
Metionina	0.23*	0.23*	0.22*	0.22*	0.23	0.21
Treonina	0.38	0.34	0.38	0.36	0.36	0.26
Valina	0.58	0.60	0.57	0.59*	0.58	0.48
Σ AAE	4.73	4.68	4.76	4.55*	4.65	3.84
Ácido Aspártico	0.73	0.69	0.75	0.58*	0.61	0.44
Ácido Glutámico	4.25	3.98	4.53	4.78	4.60	4.02
Alanina	0.52	0.48*	0.51*	0.44*	0.46	0.32
Cistina	0.27	0.24	0.27	0.28	0.27	0.22
Glicina	0.61*	0.51*	0.60*	0.51*	0.53	0.35
Prolina	1.46	1.37*	1.51*	1.63	1.53	1.36
Serina	0.64	0.57	0.67	0.63	0.64	0.52
Σ AAT	13.25	12.59	13.79	13.51*	13.31	11.09

GHRW grano hard red winter, GTD grano trigo Durum, GTR grano trigo rayón, HHRW harina hard red winter, HTD mezcla harina trigo duro; S sémola; Σ AAE suma de AA esenciales; Σ AA suma de AA totales; *: el CDA fue superior al 100%, para el cálculo se contemplo 100% de CDA.

6.4.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en productos de trigo

El contenido de AA digestibles en los productos de trigo fue afectado por la pérdida de nutrientes en el agua, la tabla 55 muestra el aporte de AA digestibles corregidos por lixiviación para cada producto de trigo.

Tabla 55.- Contenido de AA digestibles (g AA/100 g BS) corregidos por lixiviación en productos de trigo.

	GHRW	GTD	GTR	HHRW	HTD	S
Arginina	0.68*	0.66*	0.67*	0.55*	0.71*	0.51
Fenilalanina	0.68*	0.66*	0.71*	0.70*	0.73*	0.63
Histidina	0.34	0.32	0.35*	0.30	0.37*	0.27
Isoleucina	0.49*	0.49	0.49*	0.50*	0.52*	0.41
Leucina	0.92	0.91	0.91	0.93	1.03*	0.80
Lisina	0.41*	0.38*	0.39*	0.31*	0.39*	0.31*
Metionina	0.23*	0.23*	0.22*	0.22*	0.24*	0.22*
Treonina	0.38	0.34	0.37	0.32	0.43*	0.24
Valina	0.56	0.56	0.56	0.56	0.66*	0.43
∑AAE	4.83	4.74	4.82*	4.55*	5.09*	3.83
Ácido Aspártico	0.75*	0.69*	0.78	0.57	0.71*	0.44
Ácido Glutámico	4.31*	4.03*	4.64	4.81	4.76*	4.08
Alanina	0.52	0.47	0.51*	0.42	0.52*	0.29
Cistina	0.29	0.25	0.29	0.28	0.31	0.23
Glicina	0.61*	0.51*	0.60*	0.51*	0.61*	0.45
Prolina	1.46*	1.37*	1.51*	1.63	1.59*	1.46*
Serina	0.62	0.55	0.62	0.60	0.71*	0.49
∑AAT	13.53*	12.75*	13.81*	13.51*	14.33*	11.34

GHRW grano hard red winter, GTD grano trigo Durum, GTR grano trigo rayón, HHRW harina hard red winter, HTD mezcla harina trigo duro; S sémola; ∑AAE suma de AA esenciales; ∑AA suma de AA totales; *: el CDA fue superior al 100%, para el cálculo se contemplo 100% de CDA.

6.5. Productos misceláneos

6.5.1. Composición proximal y contenido de AA en productos misceláneos

El contenido de proteína cruda varió desde 7.8 hasta 89.3%, los lípidos oscilaron entre 0.5 y 3.4%; la fibra cruda entre 0.2 y 3.4%; el rango de contenido de cenizas fue entre 5.3 y 26.3%. Es evidente que tanto la composición proximal como el contenido de AA fueron muy variados entre los ingredientes (tabla 56), pero asociado a la naturaleza de los mismos.

Tabla 56.- Composición proximal (%) densidad energética (Kcal/g) y contenidos de AA (g AA/ 100 g BS) de productos misceláneos.

	CPP	LC	HUC	HCrus	HK
Proteína cruda	89.3	42.5	19.6	47.2	7.8
Lípidos	1.4	3.2	1.2	3.4	0.5
Fibra	0.2	2.2	2.9	3.4	2.5
Ceniza	5.3	6.3	36.1	13.3	26.3
ELN	3.2	45.0	35.5	31.3	58.8
Energía bruta	5510	5052	3284	4773	3460
Arginina	4.4	2.5	1.8	2.2	0.3
Fenilalanina	5.7	1.6	0.6	2.1	0.3
Histidina	2.0	1.0	0.2	0.9	0.1
Isoleucina	5.0	1.7	0.4	1.7	0.3
Leucina	9.2	2.5	0.7	2.7	0.5
Lisina	7.2	2.6	0.5	2.2	0.3
Metionina	1.9	0.6	0.2	0.8	0.1
Treonina	5.2	1.8	0.7	1.6	0.3
Valina	6.0	2.1	0.7	2.1	0.4
∑AAE	46.7	16.3	5.9	16.3	2.6
Ácido Aspártico	10.9	3.5	1.7	3.8	0.7
Ácido Glutámico	9.5	5.7	3.0	5.1	0.9
Alanina	4.4	2.3	1.0	2.4	0.4
Cistina	1.2	0.5	0.2	0.4	0.1
Glicina	4.5	1.9	0.8	2.5	0.3
Prolina	4.6	2.0	0.5	1.9	0.3

Serina	4.8	1.8	0.6	1.6	0.3
Σ AAT	86.4	34.2	13.7	34.0	5.6
%AA/PC	97.0	80.5	70.0	71.9	71.8

BS: base seca; Kcal: kilocalorías; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales; Nx6.25: proteína cruda; %AA/PC: porcentaje de recuperación de AA. CCP: concentrado proteico de papa, LC: levadura de cerveza, HUC: harina de ulva *clathrata*, HCrus: harina de crustáceo, HK: harina de kelp.

6.5.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas con productos misceláneos

La composición de las dietas experimentales fue muy cercana a los valores esperados, en función de los cálculos realizados a partir de las concentraciones de nutrientes de los ingredientes involucrados en la formulación de las dietas, los valores se presentan en la tabla 57.

Tabla 57.- Composición química (% , BS), densidad energética (cal/g) y contenido de AA (g AA / 100 g BS) de las dietas experimentales con productos misceláneos

	DR	DCPP	DLC	DHU	DHCrus	DK
Proteína cruda	34.6	50.3	36.2	29.4	37.7	25.8
Lípidos	10.6	7.8	8.3	7.7	8.4	7.5
Fibra cruda	3.7	2.6	3.3	3.5	3.7	3.4
Cenizas	11.0	9.4	9.7	19.8	12.0	16.7
ELN	39.9	---	42.2	56.1	---	72.2
Energía bruta	4750	4949	4811	4281	4728	4334
Arginina	2.0	2.7	2.1	1.9	2.0	1.5
Fenilalanina	1.6	2.7	1.6	1.3	1.7	1.2
Histidina	0.7	1.1	0.8	0.5	0.8	0.6
Isoleucina	1.3	2.4	1.5	1.0	1.4	1.0
Leucina	2.3	4.3	2.5	1.8	2.4	1.7
Lisina	1.8	3.4	2.2	1.3	1.8	1.4

Metionina	0.7	1.0	0.7	0.5	0.7	0.5
Treonina	1.2	2.3	1.5	1.1	1.3	0.9
Valina	1.5	2.9	1.8	1.3	1.7	1.2
Σ AAE	13.1	22.8	14.7	10.7	13.8	10.0
Ácido Aspártico	2.9	5.2	3.3	2.5	3.1	2.2
Ácido Glutámico	6.0	7.0	5.7	5.1	5.7	4.5
Alanina	1.8	2.5	2.1	1.6	1.9	1.4
Cistina	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2
Glicina	2.0	2.7	2.0	1.7	2.1	1.5
Prolina	2.2	2.8	2.1	1.7	2.1	1.6
Serina	1.4	2.3	1.7	1.2	1.4	1.0
Σ AAT	29.8	45.9	32.0	24.9	30.5	22.4

DR: dieta de referencia; DCP: dieta concentrado proteico de papa, DLC: dieta levadura de cerveza, DHU: dieta harina de *Ulva clathrata*, DHCrus: dieta harina de crustáceo y DKelp: dieta harina de kelp, respectivamente; Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales, ELN: extracto libre de nitrógeno

6.5.3. Pérdidas de nutrientes en dietas con productos misceláneos

Las dietas que más nutrientes pierden en el agua son la dieta de referencia y la dieta de harina de crustáceo (22 y 20% respectivamente), los AA de mayor pérdida en el agua son Lisina, Metionina y Arginina (23, 23 y 21% respectivamente); los resultados de pérdida de nutrientes se presentan en la tabla 58.

Tabla 58.- Pérdidas de nutrientes dietarios después de 1 hora de inmersión en agua marina (% del contenido inicial)

	DR	DCPP	DLC	DHU	DHCrus	DHK	Promedio
Materia seca	14	13	11	9	7	8	10 ^a
Proteína cruda	25	13	2	17	20	10	13ab
Arginina	23	19	14	32	24	18	21de
Fenilalanina	12	13	4	10	16	14	11ab

Histidina	11	16	6	13	18	19	14abc
Isoleucina	13	16	3	13	20	16	14abc
Leucina	9	13	4	10	16	13	11ab
Lisina	25	23	16	23	29	23	23e
Metionina	31	25	17	24	26	21	23e
Treonina	11	12	4	11	15	7	10 ^a
Valina	9	16	5	13	20	14	14abc
Suma de AAE	15	17	8	17	20	16	16abc
Ácido Aspártico	13	13	5	14	15	10	11ab
Ácido Glutámico	16	16	6	19	16	11	14abc
Alanina	15	16	11	14	22	13	15abc
Cistina	18	12	5	8	11	6	11ab
Glicina	26	19	11	18	25	15	18cde
Prolina	23	18	10	17	19	17	16abc
Serina	14	12	9	15	18	13	13ab
Suma de AAT	17	16	8	16	19	14	15abc
Promedio (todos AA)	17	17	8	16	20	15	15abc

DR: dieta de referencia; CPP, LC, HU, HCrus y Kelp: dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de *Ulva clathrata*, harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; AAE AA esenciales; AAT AA totales

6.5.4. Contenido de nutrientes en heces con productos misceláneos

El contenido de óxido de cromo (% BS), energía (cal/g) y proteína cruda (% BS) en las heces fueron bastante reproducibles entre los tanques replicados que recibieron la misma dieta, con coeficientes de variación generalmente inferiores al 10% (tabla 59). Los AA esenciales (tabla 60) y no esenciales (tabla 61) mostraron coeficientes de variación inferiores al 15%.

Tabla 59.- Contenido de Óxido de cromo (%), energía (cal/g) y proteína cruda (%) en heces de productos misceláneos

	HDR	HDCCP	HDLC	HDHUC	HDHCrus	HDK
Cr2O3	5.0	3.6	3.7	4.5	4.3	3.4
SD	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	3	1	3	3	2	2

Energía	2800	2346	2772	3134	3197	3167
SD	142	34	189	148	105	115
CV	5	1	7	5	3	3
Proteína cruda	23.1	42.7	24.6	16.9	25.1	19.1
SD	1	2	3	1	2	2
CV	3	5	10	8	6	8

HDR: dieta de referencia; HDCPP, HDLC, HDUC, HDHCrus y HDK: heces dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de *Ulva clathrata*, harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación; Cr₂O₃: Óxido de cromo

Tabla 60.- Contenido de AA esenciales (g/100 g BS) en heces de de productos misceláneos

	HDR	HDCPP	HDLC	HDHUC	HDHCrus	HDK
Arginina	1.1	2.1	1.1	0.8	1.1	0.9
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	10	5	11	6	12	6
Fenilalanina	1.1	2.8	1.1	0.8	1.1	0.9
SD	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	4	4	9	6	11	6
Histidina	0.5	1.0	0.6	0.3	0.5	0.5
SD	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
CV	3	4	12	9	11	3
Isoleucina	0.8	2.4	1.0	0.6	0.8	0.7
SD	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	5	4	14	9	11	7
Metionina	0.4	0.8	0.4	0.3	0.4	0.4
SD	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
CV	5	6	12	10	12	5
Leucina	1.3	4.2	1.5	1.0	1.3	1.2
SD	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
CV	6	4	14	10	14	8
Lisina	1.0	2.7	1.3	0.7	0.9	0.9
SD	0.1	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1
CV	7	10	10	15	15	6
Treonina	0.9	2.6	1.2	0.8	0.9	0.8
SD	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
CV	4	4	12	7	10	4
Valina	1.0	2.8	1.2	0.8	1.0	0.9
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CV	5	4	11	7	10	7

HDR: dieta de referencia; HDCPP, HDLC, HDUC, HDHCrus y HDK: heces dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de *Ulva clathrata*,

harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 61.- Contenido de AA no esenciales (g/100 g BS) en heces de productos misceláneos

	HDR	HDCPP	HDLC	HDHUC	HDHCrus	HDK
Ácido aspártico	2.1	5.4	2.4	1.6	2.1	1.8
SD	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1
CV	5	4	11	6	10	5
Ácido glutámico	2.7	5.0	2.9	2.0	2.7	2.7
SD	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
CV	5	4	10	8	11	9
Alanina	1.4	2.4	1.4	1.1	1.3	1.2
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
CV	5	4	8	4	10	4
Cistina	0.3	0.7	0.4	0.3	0.3	0.3
SD	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CV	5	3	9	5	9	4
Glicina	1.8	2.6	1.6	1.2	1.5	1.5
SD	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
CV	4	3	3	5	5	4
Prolina	1.3	2.4	1.3	0.9	1.2	1.2
SD	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
CV	5	4	7	6	8	3
Serina	1.0	2.4	1.2	0.8	1.0	0.9
SD	0.0	0.13	0.1	0.1	0.1	0.0
CV	4	3	11	6	9	5
ΣAAE	8.1	21.1	9.2	6.0	8.0	7.2
SD	0.4	1.0	1.3	0.5	1.0	0.4
CV	5	5	14	8	12	6
ΣAAT	18.5	42.1	20.4	13.9	18.0	16.8
SD	0.8	1.7	2.2	0.9	1.9	0.9
CV	5	4	11	6	11	5

HDR: dieta de referencia; HDCPP, HDLC, HDUC, HDHCrus y HDK: heces dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de *Ulva clathrata*, harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; Promedio n = 4, SD: desviación estándar, CV: coeficiente de variación; ΣAAE; suma de AA esenciales, ΣAAT: suma de AA totales.

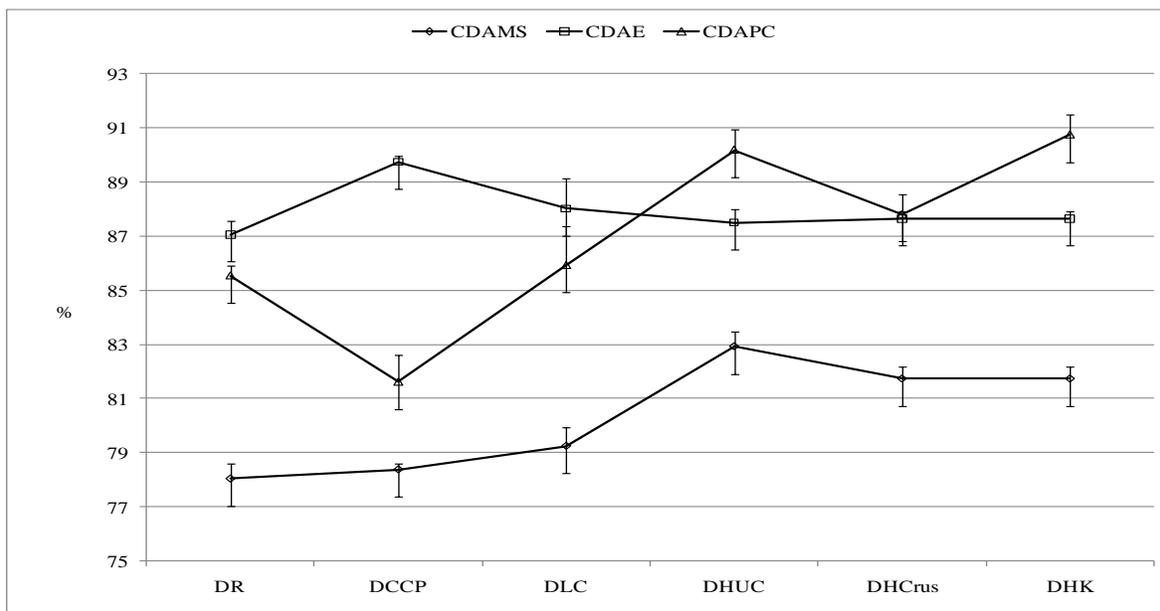
6.5.5. CDA de MS, energía y PC en dietas con productos misceláneos

El CDA de materia seca, energía y proteína cruda en la dieta de referencia fueron de 78, 87 y 86%, respectivamente. Las dietas experimentales presentaron CDA ligeramente mayores a los de la dieta de referencia. Los resultados se presentan en la figura 15.

6.5.6. CDA de AA en dietas con productos misceláneos

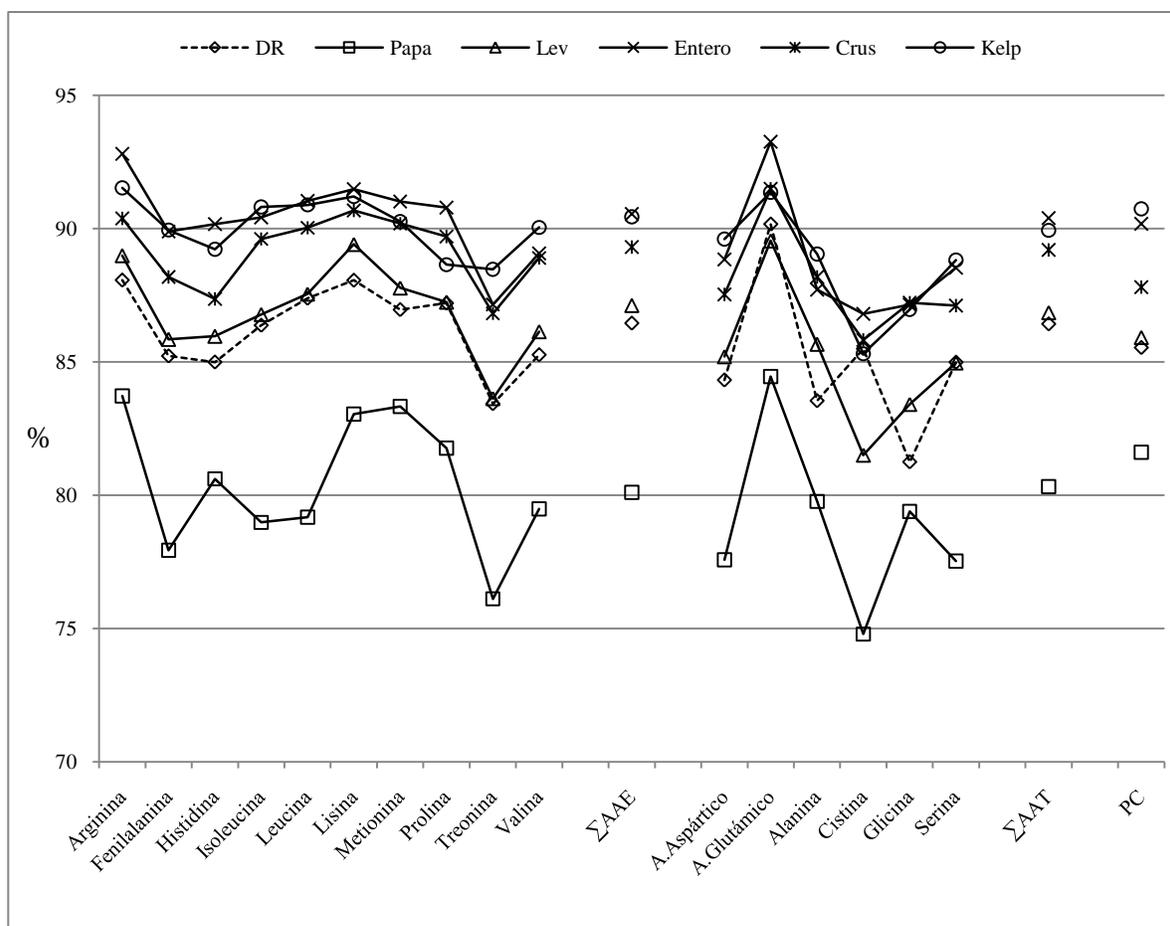
Los AA de las dietas experimentales mostraron una digestibilidad alta (mayor al 83% promedio). Todas las dietas experimentales resultaron tener mejor digestibilidad de AA individuales que la dieta de referencia (86%) con excepción de la dieta de levadura de cerveza la cual fue igual (86%) y la dieta con el concentrado proteico de papa la cual fue inferior (80%) ver figura 16.

Figura 15.- Coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, energía y proteína cruda en dietas experimentales.



DR: dieta de referencia, CPP: concentrado proteico de papa, LC: levadura de cerveza, HE: harina de enteromorfa, HCrus: harina de crustáceo y HK: harina de kelp

Figura 16.- CDA de AA (%) en dietas experimentales



6.5.7. CDA de MS, energía y PC en productos misceláneos

La digestibilidad aparente de materia seca varió entre 74.2 hasta 100%, la digestibilidad de energía fue entre 89 y 95% y la digestibilidad de proteína cruda oscilo entre 78.1 a 109.2%. La tabla 62 muestra los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, energía y proteína cruda.

6.5.8. CDA de AA en productos misceláneos

Los AA de la harina de enteromorfa, el Kelp y harina de crustáceo resultaron ser altamente digestibles (digestibilidad promedio de AA de 113.9, 96.9 y 94.6% respectivamente), la digestibilidad de AA de la harina de levadura de cerveza fue buena (87.1%), y el concentrado proteico de papa presentó la digestibilidad promedio de AA más baja con 75.2%. La digestibilidad de AA totales menor fue la del concentrado proteico de papa (75.9%), y la mayor fue registrada por la harina de enteromorfa (111.9%) ver tabla 62.

Tabla 62.- Coeficientes de digestibilidad aparente (%) de MS, energía, proteína cruda y AA en ingredientes misceláneos.

	CPP	LC	HUC	HCrus	Kelp
Materia seca	79.2 ± 0.7b	82.0 ± 2.2b	94.2 ± 1.8a	90.6 ± 1.5a	90.4 ± 1.6 ^a
Energía	95.2 ± 0.6a	90.1 ± 3.5b	89.0 ± 2.3b	89.1 ± 0.9b	89.1 ± 1.0b
Proteína cruda	78.1 ± 1.9d	86.6 ± 4.1c	109.2 ± 3.9a	91.8 ± 2.0c	99.9 ± 2.2b
Arginina	79.0 ± 1.3c	91.7 ± 3.8b	105.0 ± 1.7a	95.5 ± 4.1ab	99.1 ± 2.1 ^a
Fenilalanina	73.5 ± 1.1d	87.2 ± 4.8c	118.6 ± 5.7a	93.3 ± 4.0bc	98.0 ± 2.1b
Histidina	76.8 ± 1.0d	87.7 ± 5.1c	141.3 ± 10.8a	92.0 ± 4.3bc	97.5 ± 1.8b
Isoleucina	74.5 ± 1.1d	87.5 ± 5.7c	119.3 ± 8.4a	95.7 ± 3.6b	99.1 ± 2.4b
Leucina	74.5 ± 1.1d	87.9 ± 6.0c	116.9 ± 8.0a	95.5 ± 4.5b	98.1 ± 2.8b
Lisina	80.1 ± 2.4d	91.5 ± 7.7c	118.7 ± 12.4a	96.0 ± 6.4b	97.6 ± 2.2b
Metionina	80.4 ± 1.5d	90.0 ± 6.2c	119.4 ± 7.4a	97.0 ± 4.2b	97.2 ± 2.2b
Treonina	72.0 ± 1.1d	83.8 ± 5.8c	102.9 ± 5.3a	93.4 ± 4.1b	98.3 ± 2.0b
Valina	75.9 ± 1.1d	90.0 ± 6.2c	109.1 ± 5.6a	95.5 ± 3.2b	98.7 ± 2.3b
∑AAE	75.9 ± 1.2d	88.4 ± 5.6c	111.9 ± 5.5a	94.9 ± 4.3b	98.3 ± 2.2b
Ácido Aspártico	73.3 ± 1.1d	86.9 ± 5.3c	107.1 ± 4.3a	93.5 ± 3.8b	99.4 ± 2.0b
Ácido Glutámico	76.0 ± 1.3d	88.2 ± 4.2c	107.8 ± 3.3a	95.3 ± 4.0b	94.7 ± 3.7b
Alanina	76.1 ± 1.3d	89.4 ± 3.8c	105.3 ± 3.4a	96.7 ± 3.7b	99.1 ± 1.9b
Cistina	65.6 ± 1.2d	73.4 ± 6.3c	92.5 ± 4.4a	86.7 ± 4.9b	84.8 ± 2.8b
Glicina	77.3 ± 0.9d	88.9 ± 2.9c	124.8 ± 6.3a	99.6 ± 2.3b	98.8 ± 2.2b
Serina	72.4 ± 1.0d	84.9 ± 5.4c	107.4 ± 5.8a	91.5 ± 4.0b	96.8 ± 2.3b
Prolina	75.8 ± 1.4d	87.4 ± 3.7c	126.0 ± 7.9a	96.6 ± 3.4b	92.6 ± 2.2b
∑AAT	75.4 ± 1.1d	87.7 ± 4.9c	110.7 ± 4.3a	95.2 ± 3.9b	97.5 ± 2.3b

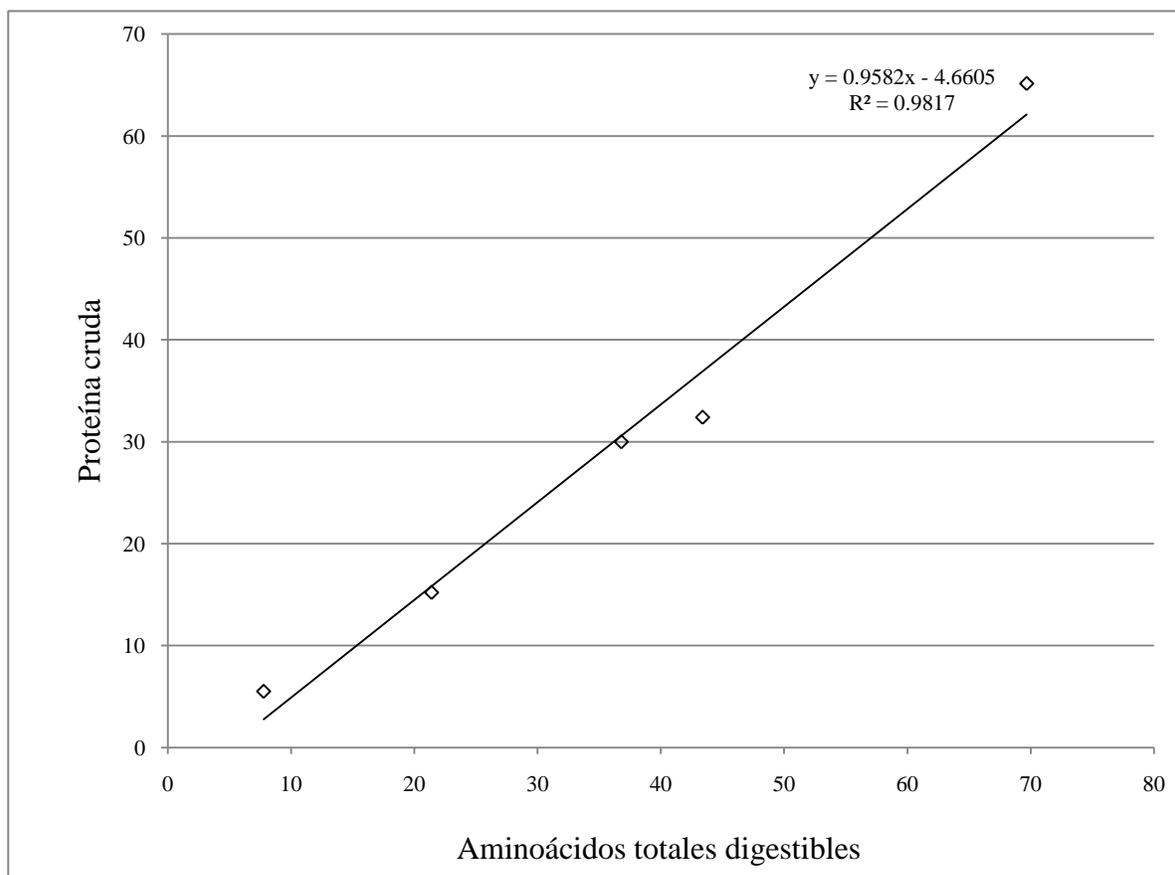
CPP, LC, HU, HCrus y Kelp: dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de Ulva clathrata, harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; \sum AAE: suma de AA esenciales; \sum AAT: suma de AA totales

En general la digestibilidad de los AA promedio en este grupo de ingredientes fue mayor al 90% con excepción de cistina (80.6%). Los AA que presentaron digestibilidades mayores al 95% fueron: metionina, isoleucina, lisina, glicina y prolina. Cistina fue el aminoácido menos digestible.

6.5.9. Correlación PC digestible vs \sum AAT digestibles en productos misceláneos

Una alta correlación fue encontrada entre la proteína cruda digestible y los AA totales digestibles entre los productos misceláneos ($r^2 = 0.9817$, Fig. 17). Sin embargo, en todos los ingredientes siempre fue mayor el contenido de proteína cruda digestible (%) sobre los AA totales digestibles (%), CPP: 70 vs 65; LC: 37 vs 30; UC: 21 vs 15; Crus: 43 vs 32, y Kelp: 8 vs 6).

Figura 17.- Correlación entre proteína cruda digestible y AA totales digestibles (%)



6.5.10. Diferencias entre CDAPC y CDAAA en productos misceláneos

Las diferencias entre los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína cruda y la suma de AA totales presentadas en los productos misceláneos fueron inferiores al 5%, todos los AA mostraron diferencias inferiores al 5% con excepción de histidina (-6%) y cistina (13%), en la tabla 63 se exhiben los valores mostrados por los diferentes ingredientes.

Tabla 63.- Diferencias entre digestibilidad de AA individuales y digestibilidad de proteína cruda del mismo ingrediente (unidades porcentuales) productos misceláneos

	CPP	LC	HUC	HCrus	HK	Promedio
Arginina	-1	-4	4	-4	1	-1
Fenilalanina	5	-1	-9	-1	2	-1
Histidina	1	-1	-32	0	2	-6
Isoleucina	4	-1	-10	-4	1	-2
Leucina	4	-1	-8	-4	2	-1
Lisina	-2	-5	-10	-4	2	-4
Metionina	-2	-3	-10	-5	3	-3
Treonina	6	3	6	-2	2	3
Valina	2	-1	0	-4	1	0
Σ AAE	2	-2	-3	-3	2	-1
Ácido Aspártico	5	0	2	-2	0	1
Ácido Glutámico	2	-1	2	-3	6	1
Alanina	2	-3	4	-5	1	0
Cistina	13	13	17	5	15	13
Glicina	1	-2	-16	-8	1	-5
Prolina	2	-1	-17	-5	7	-3
Serina	6	2	2	0	3	3
Σ AAT	3	-1	-2	-3	2	0
Promedio	3	-1	-4	-3	3	

CPP: concentrado proteico de papa; LC: levadura de cervecera; HUC: harina de alga verde (*Ulva clatrata*); HCrus: harina de crustáceo (*Heterocarpus redii*); Kelp: harina de alga café (*ascophylum nodosum*); Σ EAA: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales.

6.5.11. CDA de AA corregidos por lixiviación en productos misceláneos

La corrección por lixiviación de nutrientes de los coeficientes de digestibilidad aparente estándar presentó una tendencia a reducirlos en la mayoría de los productos misceláneos (con excepción de dos ingredientes: la harina de enteromorfa y kelp donde la tendencia fue a incrementarlos) ver tabla 64.

Tabla 64.- Coeficientes de digestibilidad aparente (%) de AA en ingredientes misceláneos corregidos por lixiviación de nutrientes.

CPP	LC	HUC	HCrus	HK
-----	----	-----	-------	----

Materia seca	77.9 ± 0.8c	81.9 ± 2.5b	97.4 ± 2.0a	94.4 ± 1.6a	94.1 ± 1.1a
Proteína cruda	77.2 ± 2.1e	90.7 ± 4.6d	124.3 ± 4.3a	97.6 ± 2.2c	187.9 ± 2.3a
Arginina	74.8 ± 1.6c	92.2 ± 4.4b	102.2 ± 2.5a	93.6 ± 5.4b	161.9 ± 2.8a
Fenilalanina	69.4 ± 1.3d	89.3 ± 5.1c	122.4 ± 6.4a	90.7 ± 4.8c	143.8 ± 2.4a
Histidina	71.2 ± 1.2d	88.3 ± 5.4c	143.1 ± 12.6a	87.3 ± 5.3c	144.7 ± 2.1a
Isoleucina	69.4 ± 1.3d	90.0 ± 5.9c	122.5 ± 9.6a	92.3 ± 4.5c	136.2 ± 2.9a
Leucina	70.2 ± 1.2d	89.0 ± 6.2c	117.7 ± 8.9a	92.2 ± 5.4bc	123.9 ± 3.2a
Lisina	74.2 ± 3.2c	92.5 ± 9.1b	127.1 ± 16.1a	92.5 ± 9.0b	133.4 ± 3.0a
Metionina	75.1 ± 2.0c	96.3 ± 7.5b	138.2 ± 9.6a	98.4 ± 5.7b	147.5 ± 2.9a
Treonina	67.9 ± 1.3d	85.4 ± 6.1c	103.4 ± 5.9a	90.6 ± 4.8b	135.1 ± 2.3a
Valina	70.5 ± 1.3d	88.3 ± 5.2c	116.0 ± 6.5a	90.2 ± 4.0b	126.0 ± 2.8a
∑AAE	71.0 ± 1.5d	89.8 ± 6.0c	112.7 ± 6.6a	91.8 ± 5.4bc	136.7 ± 2.7a
Ácido Aspártico	69.3 ± 1.2d	89.3 ± 5.6c	108.0 ± 5.0a	91.6 ± 4.5c	145.8 ± 2.4a
Ácido Glutámico	71.5 ± 1.5d	90.1 ± 4.3c	107.6 ± 3.9a	94.1 ± 4.8b	110.8 ± 4.2a
Alanina	71.1 ± 1.5d	89.7 ± 4.2c	107.3 ± 3.9a	92.5 ± 4.5b	142.8 ± 2.4a
Cistina	63.5 ± 1.3d	81.2 ± 6.5c	108.8 ± 4.6a	94.8 ± 3.8b	95.3 ± 2.5a
Glicina	74.3 ± 1.1c	98.5 ± 3.1b	145.5 ± 7.5a	100.1 ± 2.9b	187.3 ± 2.0a
Serina	68.8 ± 1.1d	85.0 ± 5.9c	107.6 ± 6.8a	87.9 ± 4.6c	130.7 ± 2.8a
Prolina	71.4 ± 1.3d	91.7 ± 4.1c	143.2 ± 9.2a	97.9 ± 4.0b	131.9 ± 2.7a
∑AAT	70.7 ± 1.4d	89.8 ± 5.2c	112.8 ± 5.2a	93.0 ± 4.6b	136.4 ± 2.6a

CPP, LC, HU, HCrus y Kelp: dietas prueba, incluyendo concentrado proteico de papa, levadura de cerveza, harina de Ulva clathrata, harina de crustáceo y harina de kelp, respectivamente; ∑AAE: suma de AA esenciales; ∑AAT: suma de AA totales

6.5.12. Contenido de AA digestibles estándar en productos misceláneos

El contenido de AA digestible fue muy variado entre los diferentes ingredientes misceláneos, el concentrado proteico de papa fue el ingrediente que más AA totales y esenciales digestibles aportó (65.13 y 35.44 g AA/ 100 g MS, respectivamente) mientras que la harina de kelp fue el que menos AA aportó (5.51 y 2.56 g AA/ 100 g BS, respectivamente) de este grupo de ingredientes ver tabla 65.

Tabla 65.- Contenidos de AA digestibles (g AA/ 100 g BS) en productos misceláneos

	CPP	LC	HUC	HCrus	HK
--	-----	----	-----	-------	----

Arginina	3.48	2.24	1.85*	2.14	0.28
Fenilalanina	4.22	1.38	0.57*	1.99	0.30
Histidina	1.55	0.88	0.18*	0.86	0.11
Isoleucina	3.71	1.48	0.43*	1.60	0.27
Lisina	5.77	2.43	0.54*	2.10	0.32
Leucina	6.89	2.20	0.75*	2.56	0.46
Metionina	1.57	0.51	0.22*	0.75	0.14
Treonina	3.72	1.50	0.69*	1.46	0.30
Valina	4.53	1.82	0.69*	1.99	0.35
Σ AAE	35.44	14.45	5.92*	15.45	2.56
Ácido Aspártico	7.96	3.08	1.69*	3.57	0.70
Ácido Glutámico	7.19	5.04	2.99*	4.88	0.87
Alanina	3.32	2.10	1.01*	2.34	0.40
Cistina	0.78	0.36	0.22	0.34	0.10
Glicina	3.45	1.68	0.77*	2.46	0.34
Prolina	3.47	1.73	0.51*	1.84	0.27
Serina	3.49	1.57	0.62*	1.50	0.28
Σ AAT	65.13	29.99	13.74*	32.39	5.51

*: El CDA fue superior al 100%, para el cálculo se contempló 100% de CDA; CPP: concentrado proteico de papa; LC: levadura de cervecería; HUC: harina de alga verde (*Ulva clatrata*); HCrus: harina de crustáceo (*Heterocarpus redii*); HK: harina de alga café (*ascophylum nodosum*); Σ EAA: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales

6.5.13. Contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación en productos misceláneos

La corrección por lixiviación de nutrientes en el agua marina presentó un efecto muy leve reduciendo los coeficientes de digestibilidad solo de tres ingredientes que fueron: el concentrado proteico de papa, la harina de crustáceo y la harina de kelp. El contenido de AA digestibles corregidos por lixiviación fue muy similar al estándar viendo se afectados solo tres ingredientes: el concentrado proteico de papa, la harina de crustáceo y la harina de kelp (ver tabla 66).

Tabla 66.- Contenidos de AA digestibles corregidos por lixiviación de nutrientes en productos misceláneos

	CPP	LC	HUC	HCrus	Kelp
--	-----	----	-----	-------	------

Arginina	3.29	2.28	1.85*	2.10	0.28*
Fenilalanina	3.99	1.38	0.57*	1.93	0.30*
Histidina	1.44	0.88	0.18*	0.82	0.11*
Isoleucina	3.46	1.48	0.43*	1.55	0.27*
Lisina	5.35	2.43	0.54*	2.02	0.31*
Leucina	6.49	2.20	0.75*	2.47	0.45*
Metionina	1.47	0.51	0.22*	0.75	0.14*
Treonina	3.51	1.50	0.69*	1.42	0.30*
Valina	4.20	1.82	0.69*	1.88	0.33*
Σ AAE	33.13	14.45	6.62*	14.93	2.50*
Ácido Aspártico	7.52	3.08	1.69*	3.50	0.69*
Ácido Glutámico	6.77	5.04	2.99*	4.82	0.86*
Alanina	3.11	2.10	1.01*	2.23	0.38*
Cistina	0.74	0.36	0.22*	0.34	0.10*
Glicina	3.31	1.68	0.77*	2.46	0.34*
Prolina	3.27	1.73	0.51*	1.84	0.27*
Serina	3.32	1.57	0.62*	1.44	0.27*
Σ AAT	61.13	29.99	15.21*	31.66	5.42*

*: El CDA fue superior al 100%, para el cálculo se contemplo 100% de CDA; CPP: concentrado proteico de papa; LC: levadura de cervecería; HUC: harina de alga verde (*Ulva clatrata*); HCrus: harina de crustáceo (*Heterocarpus reidi*); Kelp: harina de alga café (*ascophylum nodosum*); Σ AAE: suma de AA esenciales; Σ AAT: suma de AA totales

7. DISCUSIÓN

7.1. Harinas de pescado

7.1.1. Composición química de harinas de pescado

En la tabla 67 se citan los resultados de algunos autores que reportan rangos de proteína cruda, grasa cruda, cenizas, densidad energética, contenido de calcio y fósforo en HP; la composición química de las HP evaluadas, las cuales son acordes con la información citada. Como podemos notar, estos valores corresponden al rango de valores encontrado en el presente

estudio para este tipo de ingredientes, con excepción de los valores de PC encontrados por Aksnes y Mundheim (1997) que son más elevados.

Tabla 67.- Antecedentes sobre el contenido de nutrientes en harinas de pescado.

	N	PC	GC	C	EB	Ca	P
Anderson <i>et al.</i> , (1993)	10	59 – 84	9 – 15	11 – 22	4.8 – 5.5	2 – 7	1.8 – 3.7
Anderson <i>et al.</i> , (1997)	16	66 – 72	7 -15	11–23	4.5 – 5.6	2 –7	1.8 – 4.1
Aksnes y Mundheim (1997)	6	76 – 82	8 – 12	11 – 17	-----		
Bortone <i>et al.</i> , (2004)	S	62	8 – 11	17 – 19	4.5 – 4.6		
	M	63	11	18	4.5		
Hertrampf y Pascual (2000)	M	66	11	21	-----	2 - 8	1.9 – 4.8
	S	65	5	20	-----		
	A	64	10	24	-----		

N = número de muestras, S = sardina, M = menhaden, A = atún, PC = proteína cruda (%), GC = grasa cruda (%), C = cenizas (%), EB = Energía bruta (Kcal/g), Ca = calcio (%) y P = fósforo (%).

7.1.2. Nitrógeno volátil total

El nitrógeno volátil total (TVN) es considerado todavía en algunos países como un criterio de calidad para las harinas de pescado, debido a que éste aumenta al incrementar la degradación de las bases nitrogenadas. Sandbol (1993) presenta información relacionada a la pérdida de TVN durante el proceso de elaboración de las harinas de pescado, siendo evidente que el TVN desaparece del producto, tanto durante la concentración del agua de cola a solubles, como durante el secado, además, la pérdida de TVN es mayor en la materia prima con mayor contenido de TVN. En el presente estudio todas las harinas de pescado fueron inferiores o iguales al nivel recomendado para una harina fresca (Cruz *et al.* 1998 y Ricque *et al.* 1998) de 50 mg/100 g de harina, además se encontró que las HP procesadas con un secador de flama directa (HP2, HP8 y HP10) presentaron también los valores de TVN más bajos (19.4, 15.6 mg / 100g); En razón de las altas temperaturas sufridas durante el proceso con este tipo de sacador.

7.1.3. Metales pesados

Sloth *et al.* (2005) analizaron 10 HP y reportan como niveles promedio de arsénico de 7.7 mg/kg, dichas harinas rebasan los niveles de arsénico permisibles por la Comunidad Europea (6 mg/kg); en el presente estudio el rango encontrado en las HP (0.8 a 3.3 mg/kg) no rebasan el nivel permisible. En el presente estudio no se encontraron niveles de plomo y mercurio por lo que se reporto solamente el límite de detección del equipo analítico.

7.1.4. Contenido de AA en harinas de pescado

Hertrampf & Pascual en el 2000 reportan el perfil de AA esenciales (expresados en g AA / 16 g N) de harina de menhaden y harina de atún; el perfil de AA esenciales encontrado en el presente estudio para la harina de menhaden fue muy parecido (diferencias inferiores al 5% en general), solo que esta ultima presentó 11% más histidina y 8% menos arginina; para la harina de atún las diferencias a estos autores fueron inferiores al 5% en general, pero la harina utilizada en el presente estudio presentó 15% menos histidina y 11% menos arginina. Anderson *et al.* (1993) reportan el contenido de AA de harina de menhaden con un contenido superior de proteína (67.7 vs 65.7 % PC), el contenido para cada aminoácido fue consistentemente mayor al encontrado en el presente estudio, con excepción de histidina y metionina. Anderson *et al.* (1997) reportan el contenido de AA de una harina de menhaden, el cual concuerda con la harina de menhaden empleada en el presente estudio. El contenido de AA en las 10 harinas de pescado evaluadas en el presente estudio son acordes a los valores de la base de datos AminoDat3.0 (Hess *et al.*, 2006) para harinas de pescado (n = 585), lo cual nos indica que efectivamente son harinas de pescado y que no fueron adulteradas con urea o algún otro material, lo cual fue confirmado por el análisis de aminoácidos.

7.1.5. Pérdida de nutrientes en dietas experimentales con harinas de pescado

La pérdida de nutrientes en la dieta de referencia (21%) fue muy inferior a las pérdidas registradas por las dietas experimentales (rango del 22 al 33%), los AA dietarios que más se perdieron en el agua marina fueron metionina y lisina (41 y 39% respectivamente) siendo estos los más sobreestimados en términos de CDA, estos valores fueron superiores a los reportados por Ricque *et al.*, 2006 (25%).

7.1.6. CDA de MS, energía y PC en dietas con HP

Las harinas de sardina registraron un rango entre 50 y 90%, mientras la harina de menhaden fue de 64% y la harina de atún 88%. Siccardi *et al.* (2006a,b) reportan coeficientes de DAMS entre 55.6 y 68.1% siendo muy similares a lo encontrado en el presente estudio. Bortone *et al.* (2003) reportan un rango entre 61 a 73% para el coeficiente de DAMS para tres harinas de sardina; estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, salvo por la harina de sardina HP1 que presentó 90% de DAMS.

El efecto del proceso sobre la DAMS fue muy evidente en el presente estudio para las tres harinas que fueron secadas de forma directa, que presentaron 3 de los 5 menores valores de DAPC. Aksnes y Mundheim (1997) condujeron un estudio para evaluar el efecto de la frescura y el proceso de elaboración de la harina de pescado sobre la digestibilidad de nutrientes en peces; reportan que tanto la frescura de la materia prima como las condiciones de proceso afectan la calidad de la harina de pescado y su digestibilidad; altas temperaturas (100° C) reducen 4% la DAPC. En el presente estudio 3 de las harina procesadas con chaqueta de vapor a mayor temperatura (90-110° C) registraron una DAPC alta (90%), este resultado puede ser explicado con el corto tiempo de secado al que fue sometida dicha

harina que fue de 10 a 15 minutos (ver tabla 68). Reigh *et al.*, 1990 evaluaron los CDA en Crayfish (*Procambarus clarkii*) encontrando valores para harina de menhaden de 71.6% CDAMS, 82.5% CDAE y 80.7% CDAPC; estos resultados al cotejarlos con los encontrados en camarones blanco del pacifico (presente trabajo) coinciden muy bien para CDAE, no obstante son inferiores para CDAMS y CDAPC (9 y 4 puntos porcentuales, respectivamente).

Tabla 68.- Efecto del proceso sobre la DAPC.

	Materia prima	TE	TS	Tt	DAMS	TVN*
HP1	Sardina entera	NR	CV	NR	90 ± 3 ^a	36.1 ± 3.8 ^b
HP2	Sardina entera	NR	FD	NR.	50 ± 1 ^{bc}	19.4 ± 2.8 ^a
HP3	Sardina entera	NR	CV	NR	58 ± 3 ^{cd}	56.1 ± 1.1 ^c
HP4	Sardina entera	< 24 hr	CV	90°C/15 min.	59 ± 2 ^{cd}	57.1 ± 1.1 ^c
HP5	Sardina entera	< 6 hr	CV	80°C/30-40 min	67 ± 2 ^{bc}	58.3 ± 0.5 ^c
HP6	Menhaden	NR	CV	NR	64 ± 2 ^{bc}	77.6 ± 4.7 ^d
HP7	Atún Aleta Amarilla	< 2 meses	CV	90-110°C/10-15 min.	88 ± 3 ^a	30.5 ± 1.8 ^b
HP8	Sardina y recorte de atún	NR	FD	NR	61 ± 5 ^{bc}	15.6 ± 0.6 ^a
HP9	Sardina y vísceras	NR	CV	NR	64 ± 3 ^b	50.2 ± 11.0 ^c
HP10	Sardina, vísceras y recorte de atún	NR	FD	NR	60 ± 4 ^c	15.6 ± 1.8 ^a

Letras diferentes en la misma columna indica diferencias homogéneas de acuerdo a la prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$), Tt:

Temperatura y tiempo de proceso,* Expresado en mg TVN/ 100g, TE: Tiempo espera antes del procesamiento, TS: Tipo de secado. NR:

No Reportado

Nieto (2003) reporta un rango de CDAPC en 17 HP entre 75.8 y 98.7 %; concluye que el CDAPC se reduce conforme la temperatura en el proceso de elaboración se incrementa. Siccardi *et al.* (2006b) reportan un rango entre 83 y 89% en el CDAPC para harinas de menhaden siendo mayor al encontrado en el presente estudio (76%).

Bortone *et al.*, (2003) reportan coeficientes de DAPC alrededor de 86.3%, el cual es acorde al rango encontrado en el presente estudio. La DAPC en las harinas de sardina mostró un rango entre 67 y 93%, mientras la harina de menhaden fue de 76% y la harina de atún 88%. Bruson *et al.* (1997) reportaron coeficientes de digestibilidad aparente *in vivo* en *Penaeus setiferus*, en una harina de Menhaden, con los siguientes resultados: DAMS = 59%, DAPC = 76% y DAE = 75%. Los resultados son muy similares a lo encontrado en *L. vannamei* en el presente estudio con excepción de DAMS donde el coeficiente fue ligeramente inferior para harina de menhaden (64%). La DAE en las harinas de sardina registró un rango entre 65 y 93%, mientras fue de 77% en la harina de menhaden y de 88% en la harina de atún. Los resultados de DAE son acordes con la información reportada por Bortone *et al.* (2003) encontraron un rango de 67 a 95% DAE para tres HP. No obstante, los valores DAE encontrados por Siccardi *et al.* (2006b) oscilan entre 81 y 90%, siendo este rango más estrecho que el presente estudio.

7.1.7. Digestibilidad de proteína *in vitro* (DAPv) Torry pepsina al 0.0002%

Nieto (2003) reporta el rango para DAPv entre 43 y 99% en 17 HP de diferentes especies. El rango de DAPv encontrado en el presente estudio (56 a 86%) concuerda con el reportado por Nieto *et al.* (2003), a pesar de que las HP eran de especies de pescado diferentes. La harina de Menhaden en el presente estudio registro una DAPv de 81.7% siendo superior a la reportada por Nieto *et al.* (2003) (76.5%) para una harina de Menhaden. Siccardi *et al.* (2006b) reportan la DAPv en una harina de menhaden de 93.6%, siendo superior a lo encontrado en el presente estudio. La

correlación entre la DAPv vs *in vivo* fue baja ($r^2 = 0.13$), esto concuerda con Galleguillos (1994) quien concluye que es difícil obtener una buena correlación. Siccardi *et al.* (2006a y b) encuentran una correlación positiva ($r^2 = 0.55$) mayor a la encontrada en el presente estudio. Adicionalmente la técnica de Torry modificado pepsina al 0.0002% tiende a subestimar la DAP en muestras con alto contenido de cenizas (Ezquerro *et al.*, 1998; Siccardi *et al.*, 2006a, Siccardi *et al.*, 2009), las harinas de pescado evaluadas en el presente estudio contenían niveles altos en cenizas, siendo acorde a lo citado.

7.1.8. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de AA en ingredientes

La digestibilidad aparente de la suma de AA totales (CDAAAT) de 7 HP (83 a 97%) fue superior a la CDAAAT de la dieta de referencia (DR) (82%), y otras tres harinas fueron inferiores (78 a 81%) lo que indica que estas tres harinas de pescado son menos digestibles que una dieta tipo comercial.

Akiyama *et al.* (1989) realizaron un estudio con una harina de pescado evaluada en (camarón blanco del pacífico) en términos de CDAAA individuales, reportando valores que son acordes a los encontrados en el presente estudio, sin embargo es importante mencionar que los CDA eran muy cercanos del límite inferior del rango encontrado en el presente trabajo. Yang *et al.* (2009) evaluaron una harina de pescado en *Litopenaeus vannamei* reportando el CDAAA promedio de 84%, el cual fue acorde a tres de las harinas de sardina evaluadas en el presente estudio (HP5, HP9 y HP10). El coeficiente de digestibilidad aparente de la suma de los AA de la harina de Menhaden reportado por Anderson *et al.* (1993) para salmón del Atlántico es de 84.9%; en el presente estudio la CDAAAT en camarón blanco del pacífico fue ligeramente inferior con 80% (HP6) a lo registrado para salmón. El CDAAA promedio reportado por Qi-Cum *et al.* (2004) de una harina de pescado peruana evaluada en juveniles de cobia (*Rachycerton canadum*) fue igual a la harina de sardina (HP1) evaluada en el presente estudio con 96%.

Al comparar las diferencias entre la digestibilidad aparente de cada aminoácido individual y la DAP de cada harina de pescado, encontramos que cistina (rango entre -7 a 14%) fue el único aminoácido que presentó una diferencias promedio nula comparado con la DAP; la digestibilidad aparente de glicina (rango entre -6 a 7%) promedio fue inferior a la DAP; mientras que en el resto de los AA las $DA_{\Sigma AA}$ fueron entre 2 y 11% mayores a la digestibilidad aparente de proteína (ver figura 1). Siete HP presentaron diferencias promedio de $DA_{\Sigma AA}$ inferior al 6%; las harinas que presentaron las diferencias mayores fueron HP10 (11%), HP2 (14%) y HP8 (15%), las cuales se encuentran dentro de las harinas de menor DAP (< 72%), dos de ellas con proceso de secado directo (HP8 y HP10). Considerando que el contenido de nitrógeno no proteico fue relativamente constante entre las diferentes HP (diferencia proteína cruda menos $DA_{\Sigma AAT} = 12\%$), parecería entonces que la digestibilidad de éste tiende a ser menor en las harinas de baja digestibilidad proteica, mientras la digestibilidad de AA se mantiene a niveles mayores. Masagounder *et al.*, (2009) reportan el CDAAA de una harina de pescado evaluada en dos especies diferentes peces de agua dulce, el primero es el bluegill (*Lepomis macrochirus*) y lobina negra (*Micropterus salmoides*) encontrando que el CDA de la suma de AAE fue de 93 y 92%, respectivamente; el CDA de la suma de AA totales fue de 92 y 91%, respectivamente y el aminoácido menos digestible en ambas especies fue cistina con 83 y 81%. Estos resultados fueron mayores a los CDA de AA reportados en el presente estudio, con excepción de dos harinas: la HP1 (harina de sardina secada a vapor) y HP7 (harina de menhaden) que reportaron el CDA de AAE de 98 y 93% respectivamente; y el CDA de AA totales fue 97 y 93%, respectivamente. Adicionalmente el aminoácido menos digestible en las harinas de pescado también fue cistina lo cual fue acorde a reportado por Masagounder *et al.*, (2009). Yang *et al.* (2009) evaluaron una harina de pescado en términos de digestibilidad aparente de AA y los resultados reportados fueron muy similares a los encontrados en el presente estudio en las harinas de sardina. Terrazas *et al.* (2010) evaluaron la digestibilidad aparente de AA esenciales en tres harinas de sardina y una de subproductos de atún; reportando valores similares en una harina de sardina (A) a los encontrados en el presente trabajo, sin embargo, en las dos harinas de sardina (B y C) reportan valores inferiores para la mayoría de las AA esenciales (con excepción de histidina) comparados con los encontrados en el presente estudio en ingredientes similares; por otro lado los valores reportados para la harina de subproductos de atún fueron

inferiores (en el orden del 10% para histidina hasta el 27% para treonina) comparados con los encontrados en el presente estudio.

7.1.9. Correlación entre PC digestible y AAT digestibles

Las harinas de pescado que fueron secadas con chaqueta de vapor presentaron una correlación alta ($r^2= 0.9796$) entre los PC digestible y los AAT digestibles; en tanto que las harinas que fueron secadas con flama directa no presentaron una correlación entre la PC digestible y los AAT digestibles ($r^2=0.2401$) debido en gran medida a que el CDAPC fue muy bajo comparado con el CDAAAT, lo que nos indica que la flama directa tiene un efecto negativo sobre la digestibilidad del nitrógeno.

7.1.10. CDAAA corregidos por lixiviación en harinas de pescado

La tendencia general de la corrección por lixiviación de AA en harinas de pescado fue reducir los coeficientes de digestibilidad aparente estándar, los cuales eran sobreestimados. La sobreestimación de los CDA por las pérdidas de nutrientes en el agua han sido reportadas previamente (Cruz-Suárez *et al.*, 2001, 2007, 2009); los AA que fueron ajustados de mayor manera fueron: lisina, 22%; prolina, 20%; metionina, 17% e isoleucina 15%. Los AA menos sobreestimados fueron: suma de AA esenciales, sin cambios; leucina con 4%, fenilalanina y valina con 6%. La HP10 fue la harina de pescado que presentó el ajuste mayor (16% promedio), la mayoría de las harinas se ajustaron en él orden del 11% y solo 3 harinas se ajustaron por abajo del 10% (HP1, con 4%; HP2, con 9% y HP7, con 7%).

7.2. Productos de soya

7.2.1. Composición proximal

La composición proximal en los ingredientes evaluados fue muy cercana a los reportados previamente (NRC, 1983; Hertrampt and Pascual, 2000; Hess *et al.*, 2006).

7.2.2. Contenido de AA

Existiendo una congruencia entre la composición de los AA analizados de las muestras evaluadas y los valores correspondientes de tablas, publicados por el mismo laboratorio analítico (Hess *et al.*, op.cit.), permitiendo confianza en la representatividad de las muestras probadas en el presente estudio.

7.2.3. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron acordes en composición proximal y contenido de AA con los cálculos realizados previamente a la elaboración de las mismas.

7.2.4. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales

La dieta de referencia registro una pérdida de AA promedio mayor (18%) a las dietas experimentales (11%). El aminoácido de las dietas experimentales de mayor pérdida en el agua marina fue metionina (21%), seguido de lisina (17%) y prolina (13%) esta información es acorde a lo reportado por Ricque *et al.*, 2006.

7.2.5. Coeficientes de digestibilidad de materia seca, energía y proteína cruda en productos de soya.

Los coeficientes de digestibilidad de materia seca, energía y proteína para la soya integral en el presente estudio (82.7, 88.1 y 95.7%) fueron ligeramente elevados con respecto a lo reportado por Siccardi *et al.* (2006): 63.5, 80.8 y 87.1%, tal vez gracias al proceso de calentamiento controlado. La digestibilidad de materia seca encontrada para pasta de soya (84.2%) fue similar a lo reportado por Divakaran *et al.* (2000, 82.3%), pero más alto a lo reportado por Siccardi *et al.* (op.cit., 75.9%) y mucho mayor a lo reportado por Akiyama *et al.* (1989, 55.9%); la misma tendencia fue observada para digestibilidad de energía (89.3% en el presente estudio vs 91.1% reportado por Divakaran *et al.* (2000), y 85.6% reportado por Siccardi *et al.* (op.cit.), y para digestibilidad de proteína (96.9 vs 96.9, 92.9 y 89.9% para Divakaran *et al.*, Siccardi *et al.* and Akiyama *et al.* respectivamente). La pasta de soya evaluada por Akiyama *et al.* (op. cit.) fue relativamente baja en proteína cruda (45.5% en base seca) y contenía altos niveles de fibra (6.2% en base seca) y cenizas (10.1% base seca), que probablemente afecto de disponibilidad de nutrientes en camarón, sin excluir la posibilidad de un tratamiento de calor inapropiado. Otro valor bajo de digestibilidad de proteína en pasta de soya fue reportado por Ezquerro *et al.* (1998), en un estudio comparando resultados *in vitro* e *in vivo*.

Los coeficientes de digestibilidad de materia seca, energía y proteína para aislado de soya (91.7, 98.2 y 96.2%, respectivamente) fueron tan altos como los reportados por Siccardi *et al.* (2006) de 78.7, 95.0 y 93.7% respectivamente. La digestibilidad alta de materia seca y energía en aislado de soya como en otros productos de soya, encontrados en el presente estudio, también fueron encontrados por Siccardi *et al.* (2006) y Akiyama *et al.* (1989), y parece relacionado con un alto contenido de proteína cuya digestibilidad es generalmente alta en productos de soya. La digestibilidad alta de proteína, similar entre los diferentes productos de soya, fue encontrada por Siccardi *et al.* (2006) para aislado de soya y pasta de soya (93.7 y

92.9%, respectivamente), mientras la digestibilidad de su muestra de soya integral (87.1%) pudo haber sido afectada por un procesamiento inadecuado, como fue sugerido anteriormente. El concentrado de soya tiene una digestibilidad de proteína inferior a la soya integral, pasta de soya y asilado de soya. Los cambios moleculares producidos por el alcohol en la proteína del concentrado de soya pueden haber afectado su digestibilidad en camarones juveniles, en contraste con la mayoría de otras especies, por lo cual, una proteína lavada con alcohol tiene una digestibilidad de AA mayor comparado en el proceso correcto de la pasta de soya (Sohn *et al.*, 1994; Dresjant-Li y Peisker, 2004). Reigh *et al.*, 1990 evaluaron los CDA en Crayfish (*Procambarus clarkii*) encontrando valores pasta de soya de 78.6% CDAMS, 83.1% CDAE y 94.8% CDAPC; estos resultados al cotejarlos con los encontrados en camarones blanco del pacífico resultan ser inferiores (6, 6 y 2 puntos porcentuales, respectivamente).

7.2.6. CDAAA en productos de soya

Comparando los valores de digestibilidad de proteína y los de AA individuales para una proteína parcialmente purificada (81% de proteína cruda) reportados por Akiyama *et al.* (1989), estos aparentan estar en el mismo rango que el aislado de soya del presente estudio (94.98%). Además, los valores de digestibilidad de AA presentaron algunos rasgos comunes; entre los AA esenciales, arginina tuvo la digestibilidad más alta y treonina la más baja. El rango de digestibilidad de AA de la pasta de soya reportada por Akiyama *et al.* (1989) de 86 a 92% fue mucho más bajo que en el presente estudio (92-102%), probablemente debido a la diferencia en la calidad del producto, como se menciona arriba pero, arginina sigue siendo el aminoácido esencial más digestible y treonina el menos digestible. Norden y Salim (2008) reportan el CDAAA de la pasta de soya en carpa (*Labeo rohita*), el cual, es acorde al reportado en camarón blanco del pacífico en el presente estudio.

7.2.7. CDAAA corregidos por lixiviación en ingredientes

La sobreestimación de los coeficientes de digestibilidad por lixiviación de nutrientes han sido previamente evaluada (Cruz-Suárez *et al.*, 2001, 2007); los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) la proteína cruda dietaría fueron sobreestimados en la misma cantidad para las dietas prueba (1.3 a 2.5 unidades porcentuales) como para la dieta de referencia (1.9 a 2.5%), lo cual indica la misma sobreestimación para ambos tipos de dieta. En otro estudio con dietas manufacturadas y evaluadas de manera similar (Ricque *et al.*, 2006), la sobreestimación fue también mayor para metionina (6%), y lisina (5%), siendo esta corrección por lixiviación muy baja en este tipo de ingredientes. En nuestros trabajos previos (Cruz-Suárez *et al.*, 2001, 2007), nuestros ajustes fueron limitados a la corrección de los CDA de las dietas, pero no tomamos en cuenta que la lixiviación de nutrientes puede también modificarse por la proporción de la mezcla de referencia vs ingrediente prueba en las dietas inmersas. En el presente estudio, la pérdida de nutrientes en la dieta de referencia fue mucho más alta que en las dietas prueba, probablemente debido a las propiedades aglutinantes de la proteína de soya, la cual fue particularmente evidente para las dietas de concentrado de soya y aislado de soya, pero también posiblemente, debido a la retrogradación del almidón en la dieta de referencia, el cual fue peletizado en una planta comercial de alimentos antes de ser reprocesado en nuestro laboratorio. El valor más alto de pérdida de nutrientes de la dieta de referencia con respecto a las dietas prueba conduciendo a una subestimación de la pérdida de nutrientes en los ingredientes prueba, el cual tuvo valores de 0 o ligeramente negativos, explicando porque los CDA ajustados de los ingredientes prueba no se modificaron con respecto a los CDA estándar, en cambio con las disminuciones que fueron observadas en los CDA de las dietas.

7.3. Sub-productos de rastro

7.3.1. Composición proximal y contenidos de AA

La composición proximal y la concentración de AA en los diferentes sub-productos de rastro fueron muy similares a los reportados anteriormente (NRC, 1982; INRA, 1990; Feedstuff, 1992; Novus, 1996 y Hess *et al.*, 2006). Existiendo una congruencia entre la composición de los AA analizados de las muestras evaluadas y los valores correspondientes de tablas, publicados por el mismo laboratorio analítico (Hess *et al.*, op.cit.), permitiendo confianza en la representatividad de las muestras probadas en el presente estudio. Algunas diferencias mínimas se presentaron para este grupo de ingredientes como: la harina de sangre ofrece una concentración alta de AA esenciales, no obstante el aporte de metionina es bajo. Las dos harinas de pluma fueron deficientes en el aporte de cuatro AA específicos: histidina, lisina, metionina y triptófano. Las harinas de ave fueron muy cercanas al perfil de requerimiento de AA del camarón, aunque mostraron niveles bajos de cistina y triptófano. La harina de cerdo presentó un perfil relativamente bien balanceado, aunque se situó en el límite inferior reportado por Hess *et al.*, 2006.

7.3.2. Pérdidas de nutrientes en las dietas experimentales

Las harinas de ave y las harinas de pluma perdieron menos cantidad de AA promedio que la dieta de referencia perdió (5%, 5% vs 9%, respectivamente), la harina de cerdo perdió 11% mientras que la harina de sangre perdió 15% de AA promedio. El aminoácido que más se perdió fue Lisina (21.1%), metionina (15%) e histidina (12%), lo anterior es acorde con la información reportada previamente por Cruz-Suárez *et al.*, 2001 y Ricque *et al.*, 2006.

7.3.3. CDA de materia seca, energía y proteína cruda en ingredientes

Sicardii *et al.*, 2006 evaluaron la digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) de la harina de pluma en camarón blanco del pacifico reportándola en 61.3%, lo cual corresponde a los valores encontrados en el presente estudio para las harinas de pluma 61.7 y 61.4% (harinas de pluma v y g, respectivamente). Cruz-Suárez *et al.*, 2007 reportan la digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) de una harina de ave en camarón blanco del pacifico la cual fue de (90.8%); Yang *et al.*, 2009 evaluaron la DAMS de harina de ave en *L. vannamei* reportando 68.5% la cual fue ligeramente inferior a lo reportado en el presente trabajo (70.2 y 72.9, harina de ave v y G, respectivamente), no obstante, los valores son muy cercanos. Phuong *et al.* (2008) reportan la DAMS en una harina de ave evaluada en jaiba (*Scylla serrata*) de 78.9%, la cual es mayor a la reportada en el presente estudio con camarón blanco del pacifico. La harina de sangre utilizada en el presente estudio registró 57.5% de DAMS, lo cual es acorde a lo reportado por Sicardii *et al.*, 2006 (57.0%). Laining *et al.*, 2003 reportan la digestibilidad aparente de materia seca de la harina de sangre (48.1%) en mero hombrero, la cual fue inferior (casi 10 unidades porcentuales) a lo reportado en camarones en el presente estudio. En un estudio realizado por Tuan *et al.*, 2006 en jaiba mudada reporta la DAMS de 84.8% en una harina de sangre, que resultó ser muy superior (25 unidades porcentuales) a la registrada por camarones marinos en el presente estudio.

Sicardii *et al.*, 2006 reportan la digestibilidad aparente de proteína cruda (DAPC) de una harina de pluma en 63.9%, la cual fue acorde a lo encontrado en el presente estudio (65.6%) con organismos de la misma especie. Cruz-Suárez *et al.*, 2007 reportan la DAPC de una harina de ave grado mascota en 90.8% en *L.vannamei* la cual fue muy superior tanto a lo reportado en el presente estudio (DAPC 74.4%) como a lo reportado por Sicardii *et al.*, 2006 (66.2%). Tuan *et al.*, 2006 reportan la DAPC de una harina de sangre evaluada en jaiba mudada de 93.5%, la cual fue superior a la reportada en camarones marinos. Laining *et al.*, 2003 reportan la DAPC de una harina de sangre (55.2%) en mero, la cual fue inferior a la reportada para crustáceos marinos. Tibbets *et al.*, 2006 reportan la DAPC en bacalao para harina de

ave de 80.2% la cual fue muy similar a lo encontrado en camarones marinos (78.4 y 79.7%, harina de ave v y G, respectivamente, presente estudio) (78.7%, Sicardii *et al.*, 2006).

Cruz-Suárez *et al.*, 2007 reportan la digestibilidad aparente de energía (DAE) para una harina de ave grado mascota en 93.3% para *Litopenaeus vannamei*, Sicardii *et al.*, 2006 reportan la DAE en un harina de sub-productos de ave en 82.1% mientras que en el presente trabajo la DAE en las 2 harinas de ave fueron de 82.3 y 80.8%, siendo acordes a lo reportado por Sicardii. El estudio de Cruz-Suárez *et al.*, 2007 reportan valores particularmente altos tanto para DAMS (90.8%), DAPC (90.4%) y DAE (93.3%), y se puede deber a que la muestra que evaluaron era excepcionalmente buena (elaborada solo de carne sin huesos), adicionalmente el estudio además de determinar la digestibilidad, también se evaluó el crecimiento al substituir la harina de pescado por harina de ave grado mascota.

7.3.4. CDAAA de en ingredientes

La base de datos EvaPig versión 1.3.0.2 reportan los CDAAA promedio de la harina de pluma en cerdos de 77% mientras que Ravindran *et al.* (1999) reportan CDAAA promedio en pollos de engorda de 71%; ambos valores son mayores a los encontrados en el presente estudio en productos similares (harina de pluma v 63% y G 60%), esto parece indicar que los cerdos y los pollos de engorda digieren mejor los AA de este tipo de ingredientes.

Las harinas de ave estudiadas en el presente trabajo resultaron ser muy similares en cuanto a CDAAA promedio (77% harina g y 76% harina v). Sin embargo, AA como histidina y lisina fueron más digestibles en la harina de ave G (histidina 86% vs 82%, y lisina 81% vs 76% respectivamente). Gaylord *et al.* (2004) evaluaron la digestibilidad aparente de AA esenciales de una harina de ave en juveniles de robalo híbrido (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) los valores oscilaron entre 58% (treonina)

y 74% (arginina), estos valores son inferiores (valor mínimo 70% para isoleucina y valor máximo 86% para histidina) a los encontrados en camarón blanco en el presente estudio. Qi-Cum *et al.* (2004) reportan el CDAAA promedio de una harina de ave evaluada en juveniles de cobia (*Rachycerton canadum*) siendo muy alto (93%) al reportado en el presente estudio. Masagounder *et al.*, 2008 evaluaron una harina de ave en dos especies de peces dulce acuícolas: chopa criolla (*Lepomis macrochirus*) y en lobina negra (*Micropterus salmoides*) encontrando que el CDA de la suma de AA es mayor en ambas especies (92 y 88%, respectivamente) a la encontrada en camarones marinos (HA_g 81% y HA_v 79%) en el presente estudio; existiendo concordancia en que el aminoácido con CDA más bajo es cistina. Al comparar los coeficientes de digestibilidad aparente de AA (CDAAA) de la harina de ave reportada por Yang *et al.* (2009) para *Litopenaeus vannamei* encontramos que el promedio de CDAAA es inferior (71% vs 77% HA_g y 76% HA_v); existiendo valores similares con la harina de ave V para ciertos AA como: isoleucina, leucina y lisina (diferencias inferiores al punto porcentual), esto puede ser asociado al tipo de materia prima, temperatura y tipo de proceso que afecta la calidad de la proteína en la materia prima (Parsons, 2002; Cruz-Suárez *et al.*, 2007), en el presente estudio ambas muestras son harinas de ave grado mascota, mientras que la harina de ave estudiada por Yang *et al.* (2009) no especifica la calidad de la misma.

Los CDA de la suma de AA de la harina de sangre evaluada en el presente estudio resultó ser inferior a los reportados por Noreen and Salim (2008) en carpa (*Labeo rohita*) siendo sus valores mayores 12 unidades porcentuales promedio a los encontrados en camarón blanco del pacífico; el mismo efecto encontramos al compararlo con el estudio de Masagounder *et al.* (2008) quienes reportan el CDA de la suma de AA superior en un 25% (para chopa criolla Bluegills) a lo encontrado en el presente estudio. Los CDA de AA reportados por Gaylord *et al.* (2004) quienes evaluaron la digestibilidad aparente de AA esenciales de una harina sangre en juveniles de robalo híbrido (*Morone chrysops X M. saxatilis*) fueron muy similares a encontrados en el presente estudio, solo con excepción de isoleucina el cual fue muy bajo (38%) comparado con el encontrado en el presente trabajo (69%). La base de datos EvaPig versión 1.3.0.2. reportan los CDAAA en cerdos (promedio 85%) los cuales son superiores tanto a los reportados para carpa (CDAAA promedio 79%),

pero inferior a lo reportado en mojarra (CDAAA promedio 92%) pero superiores a los valores encontrados en camarón blanco del pacifico (CDAAA promedio 67%). Cuando se realiza la alimentación de los cerdos el alimento permanece sin cambios hasta ser consumido, mientras que el alimento de los peces cae en un medio acuático hasta ser consumido (tiempo relativamente corto) ya que el alimento es flotante; mientras que para el caso del camarón el alimento cae en un medio acuoso y además el alimento no flota y el periodo de consumo puede ser muy largo y las pérdidas de nutrientes pre-prandiales son mayores lo que lleva a pensar que el valor promedio de 67% es todavía sobre estimado en camarones.

7.3.5. CDAAA corregidos por lixiviación en ingredientes

En el caso de las harinas de pluma, ellas presentaron un ajuste promedio (-1%) en el CDAAA negativo, es decir que en general los CDAAA estaban sobreestimados aproximadamente en 1%, en particular los AA corregidos en mayor proporción fueron: histidina (-4%) y cistina (-5%). En las harinas de ave el ajuste promedio fue similar a las harinas de pluma (-2%) y los AA con correcciones mayores fueron: fenilalanina (-6%), cistina (-5%) y treonina (-3%). La harina de cerdo no presentó cambios substanciales por la corrección por lixiviación (promedio = 0) aunque es importante mencionar que ciertos AA individuales si presentaron ajustes como: cistina (-8%), serina (-6%) y fenilalanina (-6%). Para el caso particular de la harina de sangre el ajuste lejos de reducir el CDAAA lo aumento en un 5% promedio, esto pudo haber sido causado a un error analítico en la determinación de AA de las dietas lixiviadas o durante la prueba de lixiviación de las dietas experimentales.

7.4. Productos de trigo

7.4.1. Composición química y contenido de AA en ingredientes

La composición química en productos de trigo puede variar debido a la variedad del trigo, condiciones de cultivo, al proceso de molienda, etc. (MacCance *et al.*, 1945; Mossé *et al.*, 1985; Prabhasankar and Rao, 2001; Dvoraekc *et al.*, 2002; Anjum *et al.*, 2004). En el presente estudio, la proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas y algunos AA mostraron ligeras variaciones entre granos de trigo enteros y harinas de trigo; sin embargo, la composición fue muy cercana a la reportada previamente para productos de trigo (NRC, 1983; International Grains Program, 1993; Dale, 1995; Cervantes *et al.*, 2002; Fontaine *et al.*, 2002; Abdel-Aal, 2002; Hess *et al.*, 2006; Carré *et al.*, 2005).

Se encontró una congruencia muy cercana entre la composición de AA analizados en los ingredientes versus la composición reportada por Fontaine *et al.* (2002) and Hess *et al.* (2006) para muchas muestras de trigo coincidiendo con lo encontrado en el presente estudio.

7.4.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales

La composición proximal y el contenido de AA fueron acordes con los cálculos previos a la elaboración de las dietas experimentales. Sin embargo las dietas experimentales elaboradas a partir de harinas de trigo tuvieron en promedio 5% más AA que las dietas elaboradas con granos de trigo entero; los AA que más se concentraron fueron: treonina, valina, isoleucina y lisina (11% más). Los cambios en la composición de AA debidos al proceso de molienda han sido reportados previamente. Pomeranz *et al.* (1966) y El-Saied and Moneim (1981) observaron pequeñas cantidades de lisina, arginina ácido Aspártico glicina y alanina, y mayores

cantidades de ácido glutámico y prolina o prolina, fenilalanina y ácido glutámico en harinas de trigo alforfón y los granos de trigo. En el presente estudio, solo la harina de trigo HRW presentó bajas concentraciones de arginina, lisina, ácidos Aspártico y alanina comparado con el grano HRW, en contraste HTD presentó una concentración similar de AA en comparación con el grano de trigo duro (GTD). Por el contrario, la concentración de prolina y ácido glutámico mostraron ser mayores para ambas harinas sobre los granos.

7.4.3. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales

La estabilidad en el agua de las dietas para camarón puede ser afectada por muchos factores como el tipo de aglutinante, el tamaño de partícula y la composición de ingredientes, etc. (Lim y Cuzon, 1994; Obaldo *et al.*, 1998, 2002, 2006; Cheng *et al.*, 2000; Cerecer-Cota *et al.*, 2005, Cruz-Suarez *et al.*, 2001; 2006). En la harina de trigo, la solubilidad de la proteína puede ser afectada por factores como el proceso de manufactura y tipo de ingrediente y esta modificación ha sido ligada a cambios en la concentración de albumina, globulina y polisacáridos no almidonosos durante el proceso de manufactura (Wholt *et al.*, 1973; Blethen *et al.*, 1990). En el presente estudio, la pérdida de materia seca fue similar entre las dietas experimentales; en contraste, las pérdidas de proteína cruda fueron mayores (26-28%) en las dietas elaboradas con granos enteros de trigo, seguidas de las dietas elaboradas con HTD y sémola (24-25%) y la dieta con HHRW mostró la pérdida de proteína más baja (20%).

7.4.4. CDA de materia seca, energía y proteína cruda de las dietas experimentales

Ha sido reportado que la digestibilidad de nutrientes es afectada por varios factores como la composición del ingrediente en la dieta, el nivel de inclusión, el proceso de producción, el tamaño de partícula; nivel de inclusión de carbohidratos, subproductos de trigo, tipo de aglutinante, etc., (Reight *et al.*, 1990; Davis and Arnold, 1993, 1995;

Cousin *et al.*, 1996; Brunson *et al.*, 1997; Guo *et al.*, 2006; Simon, 2009). En el presente estudio, la digestibilidad de materia seca y proteína no fue afectada por el ingrediente a evaluar, en contraste las dietas suplementadas con trigos enteros y sémola mostraron digestibilidades de energía inferiores (14-22%) que las harinas de trigo. La composición química en las dietas experimentales fueron casi idénticas, es posible que la ligera reducción en los coeficientes de digestibilidad de la energía en las dietas prueba esté relacionado con el tipo de carbohidrato presente en el ingrediente evaluado y para la sémola probablemente es debido a que el almidón fue dañado por el proceso de molienda.

7.4.5. CDA MS, E, PC y AA en ingredientes.

Una extensa variación en los coeficientes de digestibilidad de energía y lípidos ha sido reportada para productos de trigo en animales terrestres y han sido correlacionados con factores como las características de dureza del trigo (Oury *et al.*, 1998; Carré *et al.*, 2005), variedades de trigo (Carré *et al.*, 2000, 2005; Peron *et al.*, 2005), genotipo animal (Peron *et al.*, 2006), cultivo del trigo (Peron *et al.*, 2006), tamaño de partícula (Peron *et al.*, 2005), etc. Para crustáceos, se han reportados digestibilidades de proteína cruda altas (90 a 119.7%) en proteínas que habrían sido reportadas para trigo texturizado, harina de trigo, gluten de trigo, trigo regular y salvadillo de trigo en langosta australiana *Ch. quadricarinatus* (Campana Torres *et al.*, 2005), cangrejo rojo *P. clarkii* (Reight *et al.*, 1990) y *L. vannamei* (Davis *et al.*, 2002). Para *P. setiferus* el rango de digestibilidad de proteína fue entre 79 y 109.7%; harina de trigo, trigo regular y salvadillo de trigo resultaron con los coeficientes de digestibilidad de proteína más bajos mientras que el gluten fue el producto de trigo más digestible (Brunson *et al.*, 1997). En otra especie de crustáceo, como la jaiba blanda (Tuan *et al.*, 2009) y langosta espinosa (Irvin and Williams, 2007) la digestibilidad de proteína tendió a ser más baja (57.7 and 74.2% respectivamente).

Los coeficientes de digestibilidad de materia seca y energía para productos de trigo mostraron variaciones enormes entre las diferentes especies de crustáceos, Davis

and Arnold (1993) reportaron baja digestibilidad de materia seca y energía para trigos enteros (52.5 and 67.7%) en *L. vannamei*. Reigh *et al.* (1990) y Campaña-Torres *et al.* (2005) reportaron en cangrejo rojo *P. clarkii* y en langosta australiana *Ch. quadricarinatus* coeficientes de digestibilidad de materia seca y energía desde 74.8 hasta 103.5% y de 75.3 a 100.9% respectivamente para harinas de trigo, trigos regulares, salvadillo de trigo, trigo texturizado y gluten de trigo. Por el contrario, Brunson *et al.* (1997) encontraron en *P. setiferus* coeficientes de digestibilidad de materia seca más bajos (desde 43.6 hasta 60.8%) y para energía (desde 47.9 hasta 66%) para trigos regular, harina de trigo y salvado de trigo, mientras que el gluten resultó con la digestibilidad mayor (100.9 y 106.7% respectivamente).

La mayoría de los estudios realizados en organismos acuáticos han sido enfocados a la evaluación de la digestibilidad de nutrientes en cereales considerando la composición química del ingrediente a evaluar, nativo vs almidón gelatinizado, proceso de extrusión (Bergot y Breque, 1983; Burel *et al.*, 2000; Thodesen y Storebakken, 2002; Hansen y Storebakken, 2007); pocos de ellos han sido enfocados sobre diferentes aspectos, por ejemplo Gaylor *et al.* (2009) observaron baja digestibilidad de proteína (53 vs 112%) y energía (32 vs 46%) en trigo ceroso y en trigo blando blanco. En el presente estudio, los productos de trigo presentaron diferentes calidades de panificación: HRW, HRWCF y TR tienen gluten fuerte y elástico, mientras TD y sémola tienen gluten fuerte y corto y la HHRW tiene una combinación de gluten con dureza media y débil. No se observó ningún efecto sobre la digestibilidad de nutrientes entre las características de los diferentes productos de trigo.

7.4.6 CDAAA en ingredientes

A pesar que las diferentes características de panificación no afectaron los CDA de materia seca, energía y proteína cruda, para el caso de los AA fue diferente, ya que el GTR presentó la digestibilidad más alta para arginina, histidina, metionina y lisina en comparación con GHRW y GTD. Por el contrario, el coeficiente de digestibilidad de

AA del resto de las harinas fue mayor al resto de los productos de trigo. Los AA de la sémola fueron de un modo menos digestibles que el resto de los productos de trigo. En peces, Wilson *et al.* (1981) reportaron buena digestibilidad de AA trigos regulares y arroz en bagre (84 and 82% promedio), por el contrario, maíz, arroz molido y harina de semilla de algodón resultaron con la peor digestibilidad de AA (63 a 75% promedio). Para trigos regulares, metionina y treonina fueron los AA menos digestibles (77-78%). Aslaksen *et al.* (2007) observaron en salmón del Atlántico una excelente digestibilidad de AA (83-88% promedio) en dietas suplementadas con legumbres, aceite de semillas ó cereales, sin embargo, cistina y ácido aspártico fueron los AA menos digestibles entre las dietas (< 80%). En camarones, Cruz-Suarez *et al.* (2009) reportan una excelente digestibilidad de AA para productos de soya (92-98% promedio total de AA) y cistina fue el aminoácido menos digestible (85-94%). Yang *et al.* (2009) encontraron una digestibilidad de AA excepcional para pasta de soya extruida y harina de gluten de trigo así como para otros productos de plantas (pasta de soya, harina de cacahuete, pasta de soya fermentada y harina de gluten de maíz) y tirosina (73-79%) y cistina (47-70%) fueron los AA menos digestibles. En el presente estudio.

7.4.7. Correlación entre CDAPC vs CDA Σ AA

En el presente estudio, la digestibilidad de proteína cruda y AA correlacionó bien (R^2 0.916) y las harinas de granos de trigo fueron excluidas de este cálculo debido a que la digestibilidad de proteína cruda y la digestibilidad de AA presentaron grandes diferencias (96 vs 77%). Existen pocos estudios que muestran algunas pocas diferencias entre la DAAA y la DAPC, Yin *et al.* (2000) observaron una variación cercana a los 5-6 puntos porcentuales en dietas suplementadas con harina de trigo, harinas de trigo regular y salvado de trigo, mientras que estas diferencias fueron de 2% en dietas con trigo. Libao-Mercado *et al.* (2006) encontraron diferencias importantes entre la DAPC y la DAAA cuando el salvadillo de trigo fue incluido al 45% (10%). En el presente estudio, no existe alguna explicación que permita dejar claro las enormes diferencias encontradas en las harinas de trigo entero.

7.4.8. CDAAA corregidos por lixiviación

En el presente trabajo, después de la corrección por lixiviación de nutrientes, alanina (61%), treonina (62%), ácido aspártico (68%), cistina (70%) y glicina (71%) fueron los AA menos digestibles. El coeficiente de digestibilidad aparente de aminoácido más bajo encontrado fue en la sémola y fue probablemente debido al proceso de sobre-molienda, el tamaño de partícula de este ingrediente antes de la inclusión fue $>500 \mu\text{m}$ después de la molienda el tamaño de partícula de la muestra fue $\approx 500 \mu\text{m}$.

7.5. Productos misceláneos

7.5.1. Composición proximal y contenido de AA en ingredientes

La composición proximal y la concentración de AA en los diferentes productos misceláneos fueron muy similares a los reportados anteriormente (NRC, 1982; INRA, 1990; Feedstuff, 1992; Novus, 1996 y Hess *et al.*, 2006). Existiendo una congruencia entre la composición de los AA analizados de las muestras evaluadas y los valores correspondientes de tablas, publicados por el mismo laboratorio analítico (Hess *et al.*, 2006) permitiendo confianza en la representatividad de las muestras probadas en el presente estudio.

7.5.2. Composición proximal y contenido de AA en dietas experimentales

La composición química y el contenido de AA en las dietas experimentales fueron muy cercanos a los cálculos realizados previamente a la elaboración de las mismas, considerando el aporte de nutrientes de la dieta de referencia (68%) y el ingrediente

prueba (30%); la diferencias de los valores analizados y calculados fueron inferiores al 1% para todas las dietas experimentales.

7.5.3. Pérdidas de nutrientes en dietas experimentales

De manera general en el presente estudio, la pérdida de materia seca y proteína cruda de la dieta de referencia fue mayor (14 y 25%, respectivamente) al promedio reportado por las dietas experimentales en las cuales la pérdida de materia seca promedio como la de proteína cruda fueron cercanas al 10%. Siendo inferiores las pérdidas a las reportadas por la dieta de referencia. Los aminoácidos que más perdidas presentaron fueron: metionina, lisina (23%) y arginina (21%) siendo esta información acorde a lo reportado por Ricque *et al.*, (2006).

7.5.4. CDA de materia seca, energía y proteína cruda en ingrediente

Branco-Pardal *et al.* (1995) reportan el CDA de MS, E y PC del concentrado proteico de papa en becerros pre-rumiantes encontrando valores de 93, 87 y 90%, respectivamente, estos valores resultan ser superiores para DAMS a los reportados en camarones marinos (82%) en el presente estudio y los valores de DAE y DAPC fueron muy similares. Reigh *et al.* (1990) evaluaron la DAMS, DAE y DAP de una levadura de cerveza en langostino (*Procambarus clarkii*) reportando valores de 62%, 55% y 70%, respectivamente; estos resultados fueron muy inferiores (11, 27 y 12 puntos porcentuales) a los encontrados en el presente estudio. Phuong *et al.* (2008) reportan la DAMS, DAE y DAPC en una harina de levadura evaluada en jaiba (*Scylla serrata*) de 86%, 94 y 97, las cuales fueron mayores (4, 3 y 10 puntos porcentuales, respectivamente) a la reportadas en el presente estudio con camarón blanco del pacifico. Abimorad *et al.* (2008) reportan valores de DAE y DAP de una harina de levadura de cerveza evaluada en pacu (*Piaractus mesopotamicus*) de 73% y 82%, respectivamente; siendo inferiores a los valores encontrados para camarón blanco (DAE, 90% y DAP, 86%) en el presente trabajo. Sicardii *et al.* (2006) en un

estudio con harina de krill en *Litopenaeus vannamei* encontraron CDAMS entre 72.6 y 81.7%, el cual resulto 22 puntos porcentuales inferior al presente estudio; el CDAE entre 80.6 y 87.2%, muy similar al presente estudio; y el CDAPC entre 80.5 y 89.4% estos valores son inferiores (17 puntos porcentuales) a los encontrados en el presente estudio.

7.5.5. CDAAA en ingredientes

La base de datos EvaPig versión 1.3.0.2 reportan los CDAAA promedio de la harina de una harina de levadura de cerveza en cerdos fue de 70.4% (mínimo 49% para cistina y máximo 78% para arginina) el cual fue inferior al reportado para camarones en el presente estudio 87.2% (mínimo 73% para cistina y máximo 92% para lisina). Gaylord *et al.* (2004) evaluaron la digestibilidad aparente de AA esenciales de una harina de levadura de cerveza en juveniles de robalo híbrido (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) la cual reportó valores inferiores para todos los AA esenciales con excepción de lisina (110 vs 92%) y metionina (94 vs 90%) comparada con la harina de levadura evaluada en el presente estudio.

7.5.6. CDAAA en ingredientes corregidos por lixiviación

La corrección por lixiviación de nutrientes afecto de forma diferente a este grupo de ingredientes, observándose una reducción en el CDA de la suma de AA tanto en el concentrado proteico de papá (75% a 71%) y en la harina de crustáceo (95% al 93%); por otro lado, un efecto contrario se observo en la harina de levadura de cerveza (87% a 90%), harina de enteromorfa (111% a 113%) y en la harina de kelp (93% a 97%); esto puede ser explicado a que en los últimos tres ingredientes las dietas prueba fueron más estables que la dieta de referencia haciendo que la corrección fuera positiva, esto debido posiblemente a que los ingrediente (30% inclusión) aportaron una mejor estabilidad a las dietas prueba correspondientes comparado con la dieta de referencia.

8. CONCLUSIONES

8.1. Harinas de Pescado

El perfil de composición de AA es muy similar entre las harinas de pescado, sin embargo, la composición proximal y los contenidos totales de AA son muy variados.

La digestibilidad aparente de AA individuales (cálculos estándar) en las harinas de pescado son sobre-estimados para *Litopenaeus vannamei* por el efecto de lixiviación de nutrientes; los CDAAAT después de aplicar la corrección por lixiviación son tan altos como 97% HP1 (harina de sardina), 90% (harina de atún), y 82%; mientras los CDAAAT más bajos fueron entre 70 y 73%.

Los AA más digestibles (Corregidos por lixiviación) en harinas de pescado son: lisina (promedio 85%, rango 76 a 99%), valina (promedio 84%, rango 75 a 97%), arginina (promedio 81%, rango 74 a 98%) y metionina (promedio 81%, rango 70 a 98%). Los AA menos digestibles en harinas de pescado son: fenilalanina (promedio 76%, rango de 64 a 95%), glicina (promedio 66%, rango 55 a 85%) y prolina (promedio 67%, rango 53 a 96%).

Las harinas de pescado con el mejor aporte de AA digestibles totales fueron la HP1 (60%) y la HP2 (51%), mientras que los contenidos de AA digestibles totales más bajos fueron de 38% (HP3), 41% (HP9) y 42% (HP6).

El promedio de los CDA de AAE fue mayor al de los AANE (87 vs 79% respectivamente).

Las tres harinas que fueron secadas de forma directa (HP2, HP8 y HP10) presentaron los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína más bajos (64, 71 y 72%, respectivamente).

La correlación entre el CDAPC in vivo y el CDAPC in vitro fue baja ($r^2 = 0.13$), con este estudio podemos concluir que la digestibilidad de proteína cruda no es un buen indicador de la digestibilidad de los AA individuales, ya que el CDAPC se ve afectado por el proceso de elaboración de las harinas de pescado.

Tres harinas de pescado (secadas de forma directa) presentaron diferencias superiores al 10%, entre DAP y DAAAT promedio, las ocho restantes mostraron diferencias inferiores al 6%.

Las harinas de pescado representan el mejor aporte de metionina y lisina digestibles para *L. vannamei*, y en el aporte del resto de los AAE digestibles estuvieron solamente por abajo del aislado de soya y el concentrado proteico de papa.

8.2. Productos de soya

La digestibilidad de materia seca, energía, proteína cruda y AA fue mayor en los productos de soya que en la dieta de referencia (comercial), confirmando que los productos de soya son altamente digestibles para los camarones y son una excelente fuente de AA para dietas de camarón. No obstante, la digestibilidad de proteína cruda y AA en el concentrado proteico de soya fue significativamente inferior al resto de los productos de soya. Esto es inexplicable y probablemente se debe a una sensibilidad específica del camarón a la desnaturalización de la proteína tratada con alcohol, lo cual requiere ser confirmado en estudios futuros.

La digestibilidad de AA para los productos de soya fue similar, cistina y treonina presentaron la diferencia mayor comparada con la digestibilidad de proteína cruda (-4%).

Los CDA de metionina y lisina fueron bien estimados con los de proteína cruda y suma de AA. Debido a la baja digestibilidad de cistina en camarón y a la alta lixiviación de metionina en el agua marina, los niveles digestibles de metionina + cistina para camarón en productos de soya fueron sobreestimados si los estimamos con el contenido de metionina y cistina y digestibilidad de la proteína cruda; adicionalmente, las pérdidas de metionina y cistina durante el proceso de elaboración del aislado proteico de soya pueden agravar esta tendencia en dicho producto.

Finalmente es importante reconocer que los CDA en camarones son sistemáticamente afectados por la lixiviación de nutrientes antes de la ingestión, con efectos variables sobre los CDA del ingrediente dependiendo de la importancia relativa de la lixiviación de la dieta de referencia y las dietas prueba.

La digestibilidad de proteína cruda es un buen indicador de la digestibilidad de los AA totales pero no individuales en productos de soya. Para estimar la digestibilidad de treonina y cistina será necesario considerar 4 puntos por abajo del valor de digestibilidad de proteína cruda.

El aislado de soya fue el ingrediente con mayor aporte de AAE digestibles para el camarón blanco, y puede ser considerado como la mejor fuente de arginina, fenilalanina, isoleucina y leucina digestibles para *L. vannamei*.

8.3. Subproductos de rastro

Los CDA de materia seca, energía, proteína cruda y AA fueron inferiores en los 6 ingredientes evaluados que los valores mostrados por la dieta de referencia, lo que pone en evidencia que estos ingredientes son menos digestibles que una dieta tipo comercial.

Los CDA de AA (estándar) en los subproductos de rastro fueron sobreestimados.

La correlación entre CDAPC vs CDAAAT en los subproductos de rastro fue buena ($r^2 = 0.8764$), sin embargo, las diferencias entre los CDAPC menos los CDAAA individuales fue muy variada (desde 37% en el caso de cistina en harina de cerdo hasta -14 para histidina en harina de pluma) por lo que no es confiable considerar la digestibilidad de la proteína cruda como un buen indicador de la digestibilidad de AA individuales en este grupo de ingredientes.

Las harinas de ave fueron los ingredientes más digestibles (Corregidos por lixiviación) de este grupo (CDAAAT 79%, promedio), los AA más digestibles en las harinas de ave son: glicina 85%, fenilalanina 83%, histidina 79%, y arginina 79%; los AA menos digestibles son: cistina 62%, isoleucina 72%, leucina 72% y serina 72%.

La harina de cerdo tiene CDAAAT (Corregidos por lixiviación) de 72%, los AA más digestibles son: ácido glutámico, glicina, histidina y metionina (71%) y el menos digestible es cistina 41%.

Las harinas de pluma tienen CDAAAT (Corregidos por lixiviación) promedio de 68%; los AA más digestibles son: histidina 70%, arginina y fenilalanina con 61%; los AA menos digestibles son: treonina 57%, cistina 57% y metionina 58%.

La harina de sangre fue el ingrediente con menos digestibilidad en camarones (CDAAAT promedio de 66%), siendo el aminoácido más digestible la glicina con 83% y los menos digestibles cistina e histidina (48 y 50%, respectivamente). Sin embargo, contiene gran cantidad de histidina digestible, por encima de cualquier ingrediente.

La harina de pluma v es una de las mejores fuentes de valina digestible para camarón blanco del pacífico. La harina de sangre es el mejor ingrediente en el aporte de histidina digestible para *L. vannamei*. Adicionalmente, es una buena fuente de fenilalanina digestible.

8.4. Productos de Trigo

Los productos de trigo son más digestibles (MS, energía, proteína cruda, AA) que la dieta de referencia (tipo comercial).

La digestibilidad aparente de materia seca, energía, proteína y AA para camarón de los diferentes productos de trigo fue muy elevada, aunque la sémola tiende a presentar baja digestibilidad de nutrientes. Por lo tanto los valores de digestibilidad tienen que ser tomados en cuenta de acuerdo a la definición de costo beneficio de cada uno de estos productos de trigo.

Los valores de digestibilidad de AA fueron mejores para las harinas de trigo, la harina de segunda y trigos enteros y finalmente la sémola de trigo duro.

Alanina, treonina, ácido aspártico, cistina y glicina fueron los AA menos digestibles entre los diferentes productos de trigo, mientras que metionina y lisina fueron los más digestibles.

Con este estudio podemos concluir que la digestibilidad de proteína cruda es un buen indicador de la digestibilidad de los AA totales pero no individuales. Para estimar la digestibilidad de metionina y lisina será necesario considerar 5 a 10 puntos arriba del valor de digestibilidad de proteína cruda mientras que para la digestibilidad de treonina, y cistina se puede aplicar una disminución sistemática de 10 y 20 puntos con respecto a la digestibilidad de proteína cruda del ingrediente considerado.

Por último, es importante reconocer que aunque los CDA de nutrientes se ven afectados por la lixiviación de nutrientes antes de la ingestión, esta corrección no debe ser utilizada en los productos de trigo bajo las circunstancias de este experimento.

8.5. Productos misceláneos

Los ingredientes misceláneos son más digestibles (MS, energía, proteína cruda y AA totales) que la dieta de referencia.

Los ingredientes más digestibles (AA totales) de este grupo de ingredientes son la harina de enteromorfa y la harina de kelp, seguidos por la harina de crustáceo y levadura de cerveza y por último el concentrado proteico de papa.

La corrección por lixiviación tendió a incrementar los CDA en las harinas de algas marinas y levadura de cerveza, mientras que en el resto de los ingredientes fue un efecto contrario.

El concentrado proteico de papa es el segundo mejor ingrediente en el aporte de AA esenciales digestibles para camarón blanco y es la mejor fuente de valina y treonina digestibles de los ingredientes evaluados en el presente trabajo, también es una de las mejores fuentes de leucina y lisina digestibles en camarones.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aal, E.S. M., Hucl, P. 2002. Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products. *J. Food Comp. Anal.* 15(6), 737-747.
- Abimorad, E. G., G. H. Squassoni & D.J. Carneiro. 2008. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*. 14: 347-380.
- A.O.A.C. Officials methods of analysis. 12^a Ed., Horritz E. (editor). Association of Official Analytical Chemist., U.S.A., 1990.1094 pp.
- A.O.A.C. 1997. Officials methods of analysis. 16th Ed., Cunniff, P.(Editor). Association of Official Analytical Chemist., U.S.A., 1997.1033 pp.
- Akiyama, D.M., S.R. Coelho, A.L. Lawrence, E.H. Robinson, 1989. Apparent digestibility of feedstuffs by the marine shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 91-98.
- Akiyama, D.M., G. Dominy & A.L. Lawrence. 1990. Nutrición de camarones peneidos para la industria de alimentos comerciales. Pp 43-79. En Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D. y Mendoza, R. (Eds) *Avances de Nutrición Acuícola I Memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura*, 22-24 Febrero de 1993. Monterrey, N.L. México. ISBN 968-7808-60-8.
- Aksnes, A. & A. Mundheim.1997. The impact of raw material freshness and processing temperature for fish meal on growth, feed efficiency and chemical composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 149: 87-106.
- Anderson, S.J., P.L. Santosh, D.M. Anderson, & C. Jayanta. 1993. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. *Aquaculture* 108:111-124.

- Anderson, S.J., D.A. Higgs, R.M. Beames, & M. Rowshandeli. 1997. Fish meal quality assessment for Atlantic salmon (*Salmo salar*.) reared in sea water. *Aquaculture Nutrition* 3: 25-38.
- Anjum, F.M., Ahmad, I., Butt, M.S., Sheikh, M.A., Pasha, I. 2004. Amino acid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking. *J. Food Comp. Anal.* 18(6), 523-532.
- Aslaksen, M.A., Kraugerud, O.F., Penn, M., Svihus, B., Denstadli, V., Jørgensen, H.Y., Hillestad, M., Krogdahl, Å., Storebakken, T. 2007. Screening of nutrient digestibilities and intestinal pathologies in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with legumes, oilseeds, or cereals. *Aquaculture* 272, 541–555.
- Beiping, T., M. Kangsen, Z. Shixuan, Z. Qicum, L. Lihe, & Y. Yu. 2005. Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research* 36:438-444.
- Bergot, F., Breque, J. 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture* 34(3-4), 203-212.
- Blethen, D.B., Wohlt, J.E., Jasaitis, D.K., Evans, J.L. 1990. Feed protein fractions: Relationship to nitrogen solubility and degradability. *J Dairy Sci.* 73, 1544-1551.
- Bolin, D.W., R.P. King & E.W. Klosterman, 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide Cr₂O₃ when used as an index substance. *Science* 116: 634–635.
- Bortone, E.J., E. Cruz, M. Nieto, M. Tapia, D. Ricque & C. Guajardo, 2003. México research studies digestibility in Fishmeals. *Global Aquaculture Advocate* 6 (5): 38-41.
- Bortone, E.J., E. Cruz, M. Nieto, M. Tapia, D. Ricque & C. Guajardo. 2004. Mexico research studies digestibility in Fishmeals. *Panorama acuícola.* 9 (5):10-13.
- Branco, P.P., J.P. Lallés, M. Formal, P. Guilloteau, R. Toullec. 1995. Digestion of wheat gluten and potato protein by the preruminant calf: digestibility, amino

acid composition and immunoreactive proteins in ileal digesta. *Reprod. Nutr. Dev.* 35: 639- 654.

- Brown P., Robinson, E, Clark, A. y Lawrence, A.L. 1986. Apparent digestible energy coefficients and associative effects in practical diets for red swamp crayfish. *Journal of World Aquaculture Society*. Volume: 20. pp. 122-126.
- Brunson, R.P., R.P. Romaine & R.C. Reigh. 1997. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp *Penaeus setiferus*. *Aquaculture Nutrition* 3: 9-16.
- Bureau D.P. & K. Hua. 2006. Letter to the editor of *Aquaculture*. *Aquaculture* 252: 103-105.
- Burel, Ch., Boujard, T., Tulli, F., Kaushik, S.J. 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 188(3-4), 285-298.
- Campaña-Torres, A., L.R. Martínez-Cordoba, H. Villarreal-Colmenares & R. Civera-Cerecedo. 2006. Carbohydrate and lipid digestibility of animal and vegetal ingredients and diets for juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Nutrition* 12: 103-109.
- Carré, B., Idi, A., Maisonnier, S., Melcion, J.P., Oury, F.X., Gomez, J., Pluchard, P. 2000. Relationships between digestibilities of food components and characteristics of wheats (*Triticum aestivum*) introduced as the only cereal source in a broiler chicken diet. *J. Brit. Poul. Sci.* 43(3), 404-415.
- Carré, B., Muley, N., Gomez, J., Oury, F.X., Laffitte, E., Guillou, D., Signoret, C. 2005. Soft wheat instead of hard wheat in pelleted diets results in high starch digestibility in broiler chickens. *J. Brit. Poul. Sci.* 46(1), 66-74.
- Cerecer-Cota, E., Ricque-Marie, D., Mendoza-Cano, F., Nieto-López, M.G., Cruz-Suárez, L.E., Ramírez-Wong, B., Salazar-García, M.G., Velasco-Escudero, M. 2005. Pellet stability, hardness, influence feed consumption of pacific white shrimp. *Global Aquaculture Advocate* 8(3), 84-85.

- Cervantes, M., Copado, F., Cervantes, M., Soto, R., Torrentera, N., Figueroa, J.L. 2002. Predicción del contenido de aminoácidos en el trigo, en base a su valor de proteína. *Interciencia* 27 (12), 695-7007.
- Cheng Z., Behnke K.C., Dominy, W. G. 2000. Comparision of pelet water stability in shrimp diets made from whole wheat, wheat flour, wheat gluten, wheat starch, wheat bran and wheat germ. American Association of Cereal Chemists 2000. Annual Meeting. 5-9 November, 2000. Kansas City, Missouri, USA.
- Cho, C.Y. & S. Slinger. 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. *Finfish nutrition and fishfeed technology* 2:239-247.
- Cousin, M., Cuzon, G., Guillaume, J., AQUACOP. 1996. Digestibility of starch in *Penaeus vannamei*: in vivo and in vitro study on eight samples of varióus origins. *Aquaculture* 140, 361-372.
- Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque., M.Nieto & M. Tapia. 1998. Revisión sobre HP y aceites de pescado para la nutrición del camarón, pp 298-326. En: Civera-Cercedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E.(Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. ISBN 970-694-51-0.
- Cruz-Suárez, L.E., D.Ricque, M. Tapia y C. Guajardo-Barbosa. 2000. Uso de harina de kelp (*Macrosistis pyrifera*) en alimentos para camarón. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cercedo, R. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Mamorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. 19-22 de Noviembre, 2000.
- Cruz-Suárez, L.E., D.Ricque, M. Tapia. I.M. McCallum & D. Hickling. 2001. Assesment of differently processed feed pea (*Pissum sativum*) meals and canola meals (*Brassica* sp) in diets for blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*). *Aquaculture* 196 (1-2), 87-104.
- Cruz-Suárez, L.E., Ruíz-Díaz, P.P., Guajardo-Barbosa, C., Villarreal-Cavazos, D., Nieto-López, M., Ricque-Marie, D., Locatelli, L. y Lemme, A. 2005.

Leaching impacts amino acid profiles of commercial shrimp feeds. *Global Aquaculture Advocate*. Volume 8. Issue 4. pp 78-79.

- Cruz-Suárez, L.E., Nieto-López, M., Guajardo-Barbosa, C., Tapia-Salazar, M., Scholz, U., Ricque-Marie, D., 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture* 272 (1-4), 466-476.
- Cruz-Suárez, L.E., M. Tapia, M. Nieto, C. Guajardo & D. Ricque. 2009a. Comparison of *Ulva clathrata* and the kelps *Macrocystis pyrifera* and *Ascophyllum nodosum* as ingredient in shrimp feeds. *Aquaculture Nutrition*, 15 (4), 421-430.
- Cruz-Suárez, L.E., M. Tapia, D. Villarreal, J. Beltran, M. Nieto, A. Lemme & D. Ricque. 2009b. Apparent dry matter, energy, protein and amino acid digestibility of four soybean ingredients in white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture* 292: 87-94.
- Cruz-Suárez, L.E., León, A., Peña-Rodríguez, A., Rodríguez-Peña, G., Moll, B. & Ricque-Marie, D. 2010. Shrimp/Ulva co-culture: a sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. *Aquaculture*, 301 (1-4) 64-68.
- Dale, N., 1995. Ingredient analysis table. *Feedstuffs Reference Issue* 67, 30. 262 pp.
- Davis, D.A., Arnold, C.R. 1993. Evaluation of five carbohydrate sources for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 114, 285-292.
- Davis, D.A., Arnold, C.R. 1995. Effect of two extrusion processing conditions on the digestibility of four cereal grains for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 133, 287-294.
- Divakaran, S., Velasco, M., Beyer, E., Forster, I., Tacon, A., 2000. Soybean meal apparent digestibility for *Litopenaeus vannamei*, including a critique of methodology. In: Cruz -Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A., Civera-Cerecedo, R. (Eds.), *Avances en Nutrición Acuícola V - Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, 19-22 Noviembre, 2000, Mérida, Yucatán, México, pp.267-276.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. ISBN: 970-694-52-9.

- Dersjant-Li Y., Peisker, M., 2004. Best use of soy proteins. *Feed Mix* 12(6), 18-22.
- Dvoraekc, V., Curn, V., Moudry, J. 2002. Evaluation of amino acid content and composition in spelt wheat varieties. *Cereal Research Communications* 30(1-2), 187-193.
- El-Saied, H.M., Abdel-Moneim, M.A. 1981. Amino acid distribution of cereals in commercial mill products. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* 20(2), 139-144.
- Ezquerro, J.M., F.L. Garcia & O. Carrillo. 1998. In vitro digestibility of dietary protein sources for white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 163:123-136.
- EvaPig® data base versión 1.3.0.2.was created, designed and developed by Jean Noblet (INRA, UMR SENAH), Alain Valancogne (INRA, UMR SENAH), Gilles Tran (AFZ) and AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S.
- FEEDSTUFFS. 1992. Reference issue Miller Publishing Company, Minnetonka, Minn.Preston, R.L. Typical Composition of feeds for cattle and sheep 1993-1994 *Feedstuffs*, May 17, 1993, p. 38-42
- Fontaine, J., Schirmer, B., Horr, J. 2002. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents. 2. Results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran/middlings, rice bran and sorghum. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3902-3911.
- Fontaine, J. 2003. Amino acid analysis of feed En: Amino acids in animal nutrition (D'Mello). Second edition. CABI publishing. pp. 22-31.
- Forster, I.P., W. Dominy, L. Obaldo, & A.G.J. Tacon. 2002. Rendered meat and bone meals as ingredients of diets for shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 62:1-16.

- Galicia-González, A., Goytortúa-Bores, Civera-Cerecedo, R., E. López-Moyano, F.J., Cruz-Suarez, L.E. & Ricque-Marie, D. 2009. Chemical Composition and Digestibility of Three Mexican Safflower Meals Used as Ingredients in Diets for Whiteleg Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society, in press.
- Galleguillos, A. M. 1999. Control y certificación de la calidad en harina de pescado. pp 367-372. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D. y Mendoza, R. (Eds). Avances en Nutrición Acuícola II. Memorias del Segundo Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 7-10 Noviembre de 1994. ISBN 968-7808-61-6.
- García-Galano, T., Villarreal-Colmenares, H. y Fenucci J. L. 2007. Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos. Subprograma II “Acuicultura” red temática II.C Proyecto II-8. Pp 264. Mar del Plata, Argentina. ISBN: 978-987-1371-02-0.
- Gatlin III, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research 38, 551-579.
- Gaylord, T.G., S.D. Rawles & D.M. Gatlin III. 2008. Amino acid availability from animal, blended, and plant feedstuff for hybrid striped bass (*Morone chrisops* X *M. saxatilis*). Aquaculture Nutrition. 10:345-352.
- Guo, R., Liu, Y.J., Tian, L.X., Huang, J.W. 2006. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, digestibility and microscopic structure in the white shrimp, *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. Aquaculture Nutrition 12(1), 83-88.

- Hansen J.Ø., Storebakken, T. 2007. Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 272 (1-4), 458-465.
- Hertrampf, J.W & Pascual, F.P. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- Hertrampf, J.W. 2007. Internal physical properties of shrimp feed. *Aqua Culture Asia Pacific* 3(2), 20-21.
- Hess, V., J. Fickler, J. Fontaine & W. Heimbeck. 2006. AminoDat®3.0- Amino acid composition of feedstuffs. Evonik-Degussa GmbH, Health y Nutrition, Hanau, Germany.
- INRA. 1990. L'alimentation des animaux monogastriques - 2e edition ables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins (1988) W. Martin-Rosset et al. L'Alimentations de Chevaux (1990) Editions INRA, Paris.
- International Graish Program. 1993. Mexican Feed manufacturing short course. March 8-19, 1993. Manhattan KS, United States.
- Irvin, S.J. & Williams, K. C. 2007. Apparent digestibility of selected marine and terrestrial feed ingredients for typical spiny lobster *Panulirus ornatus*. *Aquaculture* 269: 456-463.
- Lainig, A., R. Yah, T. Ahmad and K. Williams. 2003. Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*. 218: 529-538.
- Lee, P.G & A.L. Lawrence. 1997. Digestibility. In: D'Abrahamo, L.R. (Editor). Crustacean Nutrition. Volume 6. World Aquaculture Society. 6:194-260.
- Libao-Mercado A.J., Yin Y., van Eys J., de Lange C.F. 2006. True ileal amino acid digestibility and endogenous ileal amino acid losses in growing pigs fed wheat shorts- or casein-based diets. *J Anim Sci*. 84(6), 1351-1361.
- Lim, C., Cuzon, G. 1994. Water stability of shrimp pelet a review. *Asian Fisheries Science* 7, 115-127.

- Lin, H.Z., Guo, Z., Yang, Y., Zheng, W. y Li, Z.J. 2004. Effect of dietary probiotics on apparent digestibility coefficients of nutrients of white shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone. *Aquaculture Research*. Volume 35. pp 1441-1447.
- Llames, C & J. Fontaine. 1994. Determination of amino acids in feeds: Collaborative study. *Journal of AOAC International* 77: 1362-1402.
- Masagounder, K., J.D. Firman, R.S. Hayward, S. Sun & B.P. Brown. 2009. Apparent digestibilities of common feedstuffs for bluegill *Lepomis macrochirus* and largemouth bass *Micropterus salmoides* using individual test ingredients. *Aquaculture Nutrition*. 15: 29-37.
- McCance, R.A., Widdowson, E.M., Moran, T., Pringle, W.J.S., Macrae, T.F. 1945. The Chemical composition of wheat and rye and of flours derived therefrom. *Biochem* 39, 213-222.
- Miles, R.D. and Chapman, F.A. 2006. The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. This document is FA122, one of a series of the Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. First published: May 2006. Please visit the EDIS Web Site.
- Mossé, J., Huet, J.C., Baudet, J. 1985. The amino acid composition of wheat grain as a function of nitrogen content. *J. Cereal Sci.* 3(2), 115-130.
- Mu, Y.Y., T.J. Lam., J.Y. Guo & K.F. Shim. 2000. Protein digestibility and amino acid availability of several protein sources for juvenile Chinese hairy crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards (Decapoda, Grapsidae). *Aquaculture Research* 31:757-765.
- Nieto. L. M. 2003. Desarrollo de una técnica de digestibilidad in vitro para el control de harinas de pescado y alimentos para camarón. Tesis Doctoral de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Norden, U. & M. Salim. 2008. Determination of nutrient digestibility and amino acid availability of various feed ingredients for *Labeo rohita*. *Int. J. Agri. Biol.*, 10: 551-555.

- NOVUS. 1996. Raw material compendium. Amino acid profiles database.
- NRC. 1982. United States - Canadian Tables of Feed Composition -3rd rev.(1982) National Academy Press, Washington DC.
- NRC. 1983. Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirement of warm water fishes and shellfishes. National Academy Press, Washinton D. C., 102 pp.
- Obaldo L.G., Dominy W.G., Terpstra J.H., Cody J.J., Behnke K.C., 1998. The impact of ingredient particle size on shrimp feed. *J. Applied Aquaculture* 8(4), 55-66.
- Obaldo L.G., Divakaran S., Tacon A.G. 2002. Methods for determining the physical stability of shrimp feeds in water. *Aquaculture Research* 33, 369-377.
- Obaldo, L.G., Masuda, R. 2006. Effect of diet size on feeding behavior and growth of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J. Applied Aquaculture* 18(1), 101–110.
- Olsen (1969) "Pepsin Digestibility Test (Torry Modificado). 1992." Memorias seminario internacional sobre Calidad de harinas de pescado en nutrición animal acuícola y pecuaria. 2: Compilado de técnicas de análisis. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad autónoma de Nuevo León. 16-17 Noviembre.
- Opstvedt, J., Nygard, E., Samuelsen, T.A., Venturini, G. Luzzana, U. & Munheim, H. 2003. Effect on protein digestibility of different processing conditions in the production of fish meal and fish feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 83: 775-782.
- Oury, F.X., Carré, B., Pluchard, P., Bérard, P., Nys, Y., Leclercq, B. 1998. Genetic variability and stability of poultry feeding related characters in wheat, in relation to environmental variation. *Agronomie* 18, 139–150.
- Parson, C.M. 2002. Factors affecting protein quality and amino acid digestibility of meat and bone meal and poultry by product meal. www.dsm.com/en_US/downloads/dnpus/anc_13_Parsons.pdf

- Parr, 1992a. 1425 Semimicro bomb Calorimeter. Operating Instruction Manual No 280 MM. Parr Instruments Company, Moline, Illinois, USA.
- Peisker, M. 2001. Manufacturing of soy protein concentrate for animal nutrition. In Brufau J. (ed.). Feed manufacturing in the Mediterranean region. Improving safety: From feed to food . Zaragoza: CIHEAM-IAMZ. pp. 103-107
- Peña, R.J. 2002. Wheat for bread and other foods. In Bread wheat: improvement and production. B.C. Curtis, S. Rajaram, and H. Gómez Macpherson Ed. FAO Plant Production and Protection Series No. 30. 567 pg.
- Pérez-Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus* from the Western Atlantic. Fisheries Bulletin, United States 67(3): 461-591.
- Péron, A., Bastianelli, D., Oury, F.X., Gomez, J., Carré, B. 2005. Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed a pelleted diet. Br. Poult. Sci. 46, 223–230.
- Péron, A., Gomez, J., Mignon-Grasteau, S., Sellier, N., Besnard, J., Derouet, M., Juin, H., Carré, B. 2006. Effects of wheat quality on digestion differ between the D+ and D– chicken lines selected for divergent digestion capacity. Poult. Sci. 85, 462–469.
- Phuong, H.T., A.J. Anderson, P.B. Mather, B.D. Paterson & N.A. Richardson. 2008. Effect of selected feed meals and starches on diet digestibility in the mud crab, *Scylla serrata*. Aquaculture Research. 39: 1778-1786.
- Pomeranz, Y., Finney, K.F., Hosney, R.C. 1966. Amino-acid composition of maturing wheat. J. Sci. Food Agriculture 17(11), 485 – 487.
- Prabhasankar, P., Rao, P.H. 2001. Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour. Eur Food Res Technol. 213, 465–469.
- Qi-Cun, Z. B.P. Tan, K.S. Mai & Y.J. Liu. 2004. Apparent digestibility of selected ingredients for juvenile cobia *Rachycertum canadum*. Aquaculture 241: 441-451.
- Ravindran, V., L. I. Hew, G. Ravindran and W. L. Bryden. 1999. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid

- digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science*. 40: 266-274.
- Reyes-Quintana, T. 1998. Estructura de costos en la camaronicultura y apoyos financieros a través de empresas paraфинancieras. *Memorias del II Simposium Internacional de Acuicultura* 98. pp. 45-64. Mazatlán, Sinaloa, México. Documento de Ralston Purina International.
- Reigh, R.C., S.L. Barden and R.J. Craig. 1990. Apparent coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture*. 84: 321-334.
- Riaza, A. 1986. Comparación de métodos para estimar la digestibilidad en la lobina *Dicentrarchus labra*, These de DEA, UBO, Brest, Francia. pp.55.
- Ricque,-Marie, D., A.I. Abdo-de la Parra., L.E. Cruz-Suárez., G. Cuzon., M. Cousin., Aquacop., Pike, I.H. 1998. Raw material freshness, a quality criterion for fish meal fed to shrimp. *Aquaculture* 165: 95-109.
- Ricque-Marie D., Peña-Rodríguez A., Tapia-Salazar M., Nieto-López M.G., Villarreal-Cavazos D., Guajardo-Barbosa C., Cruz-Suárez L.E. and Locatelli, M.L. 2006. Effect of pre-prandial nutrient leaching in sea water and different binders on apparent amino acid digestibility coefficients of a practical diet in *Litopenaeus vannamei*. *International Aqua Feed*. Vol. 9, Issue 5, pp 32-33
- Salinas, M.A. 2000. Digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteína de ingredientes comúnmente utilizados en la formulación de dietas para camarón *Litopenaeus stylirostris*. Tesis Licenciatura de la Facultad de Ciencias biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- Sandbol, P. 1993. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado para piensos: implicaciones sobre la evaluación de la calidad. IX Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España.
- Shiau, S.Y., P.L. Kou & L.C. Chu. 1992. Digestibility of different protein sources by *Penaeus monodon* raised in brackish water and sea water. *Journal of Applied Aquaculture* 1(3): 47-53.

- Simon, C.J., 2009. The effect of carbohydrate source, inclusion level of gelatinised starch, feed binder and fishmeal particle size on the apparent digestibility of formulated diets for spiny lobster juveniles, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture* 296, 329–336.
- Sloth, J.J., K. Julshamn & A.K. Lundebye. 2005. Total arsenic and inorganic arsenic content in Norwegian fish feed products. *Aquaculture Nutrition* 11; 61-66.
- Siccardi III, A.J., A.L. Lawrence & D.M. Gatlin III. 2006a. Apparent dry matter and energy digestibility of ingredients for pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* diets. Annual Meeting of the World Aquaculture Society, America 2006, Las Vegas, Nevada, February 13 - 16, 2006. Abstract 124.
- Siccardi III, A. J., A.L. Lawrence, D.M. Gatlin III, J. Fox, F.L. Castille, M.V. Perez & M. González. 2006b. Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei*. Pp 213-23. En: Cruz -Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Nieto-López M. G., Tapia-Salazar, M., Villarreal-Cavazos D.A., Puello-Cruz, A. C., García-Ortega (Editors). *Avances en Nutrición Acuícola VIII. Memorias del VIII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 15 al 17 de Noviembre de 2006. Mazatlán Sinaloa México. 1ra. Edición. ISBN: 970-694-331-5. Universidad Autónoma de Nuevo León.*
- Sloth, J.J., K. Julshamn & A.K. Lundebye. 2005. Total arsenic and inorganic arsenic content in Norwegian fish feed products. *Aquaculture Nutrition* 11: 61-66.
- Smith, D.M.1995. Preliminary evaluation of meat meal in aquaculture diets for prawns (*Penaeus monodon*). Meat Research Corporation Australia: Final report 2.
- Smith, D.M., Allan, G.L., Williams, K.C. y Barlow, C. 2000. Fishmeal replacement research for shrimp feed in Australia. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. y Civera-Cerecedo, R., (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Sinposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 de Noviembre, 2000. Merida, Yucatán, México.*
- Smith, D.M. 2001. Comunicación personal.

- Smith, D.M., S.J. Tabrett, B.D. Glencross, S.J. Irvin, M.C. Barclay. 2007. Digestibility of lupin kernel meals in feeds for the black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 264: 353- 362.
- Sohn, R.S., Maxwell C.V., Southern, L.L., Buchanan, D.S., 1994. Improved soybean protein sources for early weaned pigs: II effects on ileal aminoacid digestibility. *J. Anim. Sc.* 72, 631-637.
- Tecator, 1987. Fat Extraction on Feeds with the Soxtec System HT-The Influence of Sample Preparation and Extraction Media. Application note AN 67/83 (1983.06.13). Soxtec System HT Manual, Tecator. AB Sweden.
- Terrazas, F. M., R. Civera-Cerecedo, L. Ibarra-Martínez, E. Goytortúa-Bores, M. Herrera-Andrade, A. Reyes-Becerra. 2010. Apparent digestibility of dry matter, protein, and essential amino acid in marine feedstuffs for juvenile whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.08.021
- Tecator, 1987. Determination of Total Volatile Basic Nitrogen. Application note ANS 3140. Manual, Tecator AB, Sweden.
- Thodesen, J., Storebakken, T. 1998. Digestibility of diets with precooked rye or wheat by Atlantic salmon, *Salmo salar*, L. *Aquaculture Nutrition* 4 (2), 123–126.
- Tibbets, S. M., J. E. Milley, S. P. Lall. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*. 261: 1314-1327.
- Tuan, V.A., Anderson, A., Luong-van, J., Shelley, C., Allan, G. 2006. Apparent digestibility of some nutrient sources by juvenile mud crab, *Scylla serrata* (Forsk. 1775), *Aquaculture Research* 37, 359-365.
- Williams, K.C., G.L. Allan, D.M. Smith & C.G. Barlow. 1997. Fishmeal replacement in aquaculture diets using rendered protein meals, In: Proc. Int. Symp. on Anim. Nut., Fats y Environment, Australian Renderers Assoc. Sydney Australia.

- Wilson, P., Robinson, E.H., Poe, W.E. 1981. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *J. Nutrition* 111(5), 923-929.
- Wohlt, J.F., Sniffen, C.J., Hoover, W.H. 1973. Measurement of protein solubility in common feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 56 (A), 1052-1057.
- Yang, Q., Zhou, X., Zhou, Q., Tan, B., Chi, S., Dong, X. 2009. Apparent digestibility of selected feed ingredients for white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. *Aquaculture Research* 41, 78-86.
- Yin, Y.L., McEvoy, J.D.G., Schulze, H., Hennig, U., Souffrant, W.B., McCrackena, K.J. 2000. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. *Livest. Prod. Sci.* 62, 119–132.

ANEXO 1