



Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) en condiciones comerciales corregida por el coeficiente térmico de crecimiento

Ing. Javier Arce Vega



70 % de
los costos de
producción



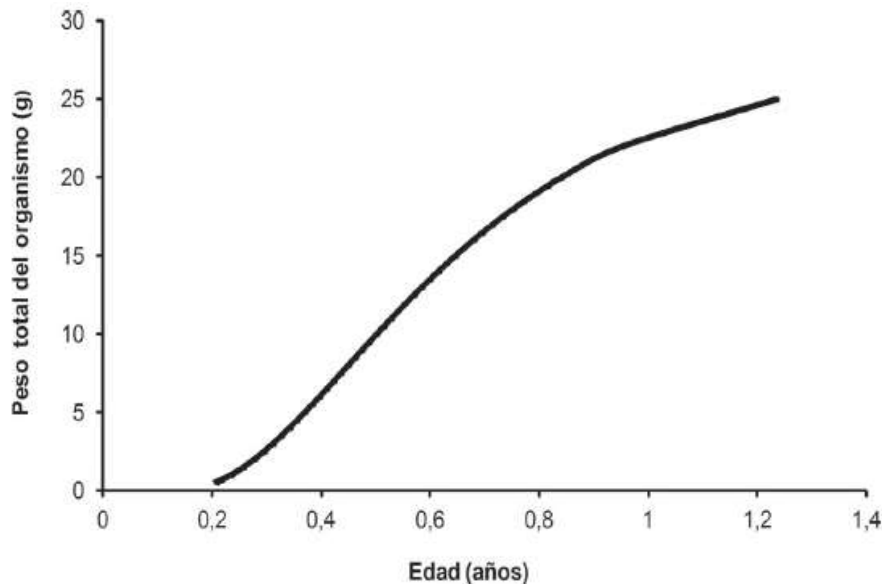
Metabolismo y eficiencia alimenticia

Factores que afectan la asimilación de nutrientes:

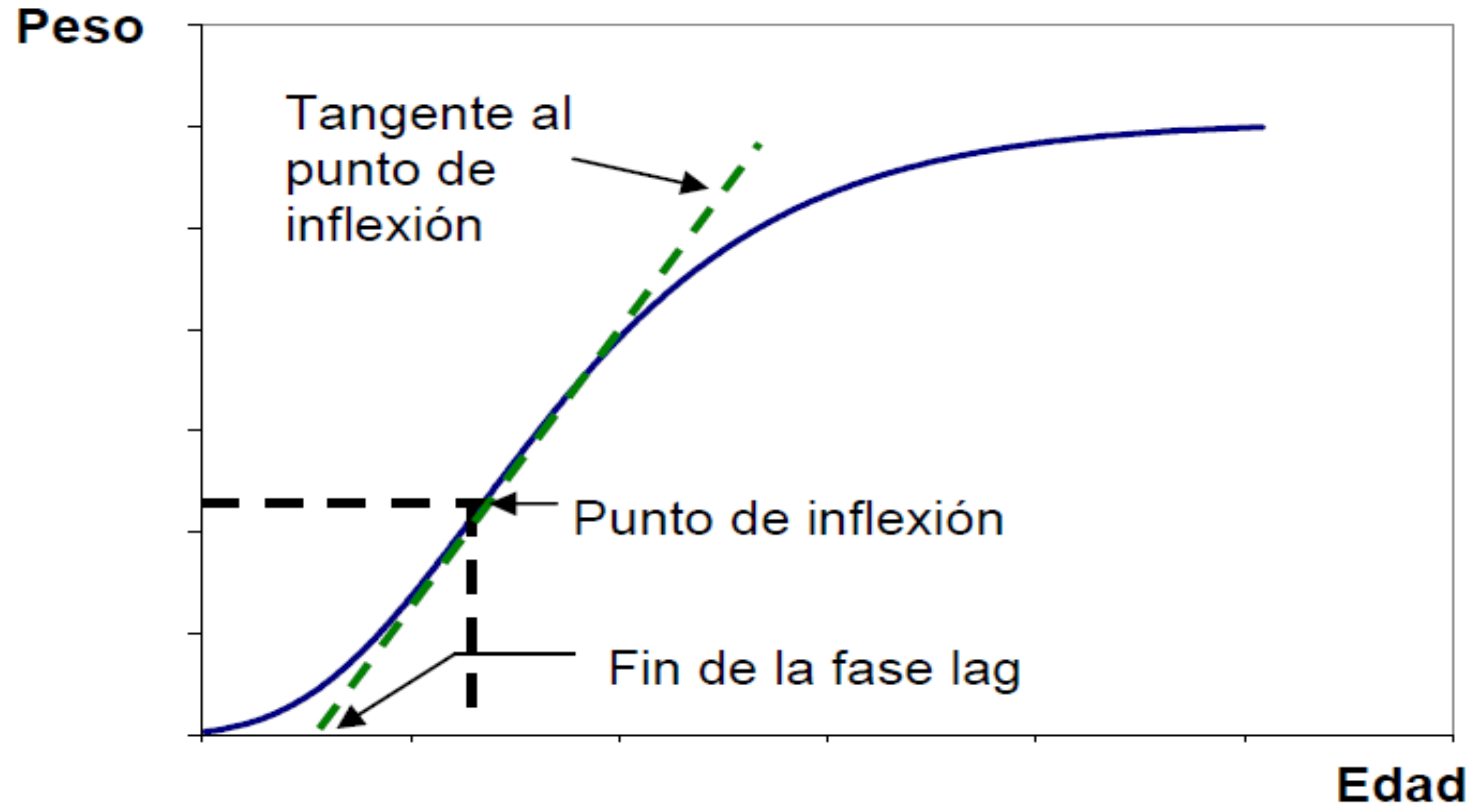
- **Factores inherentes al pez**
 - Edad
 - Genética
- **Factores externos**
 - Prácticas de alimentación
 - Factores controladores (**la temperatura**, el fotoperiodo, la salinidad)
 - Factores limitantes (metabolitos, el alimento, el agua y los gases respiratorios)

Modelos matemáticos

- Método eficiente y práctico para la estimación del crecimiento y requerimientos nutricionales en actividades pecuarias.
- Requieren de verificación y validación a través de su aplicación en estudios experimentales.



Curvas de Crecimiento



Curva de crecimiento tipo sigmoideo y parámetros asociados en su evaluación.

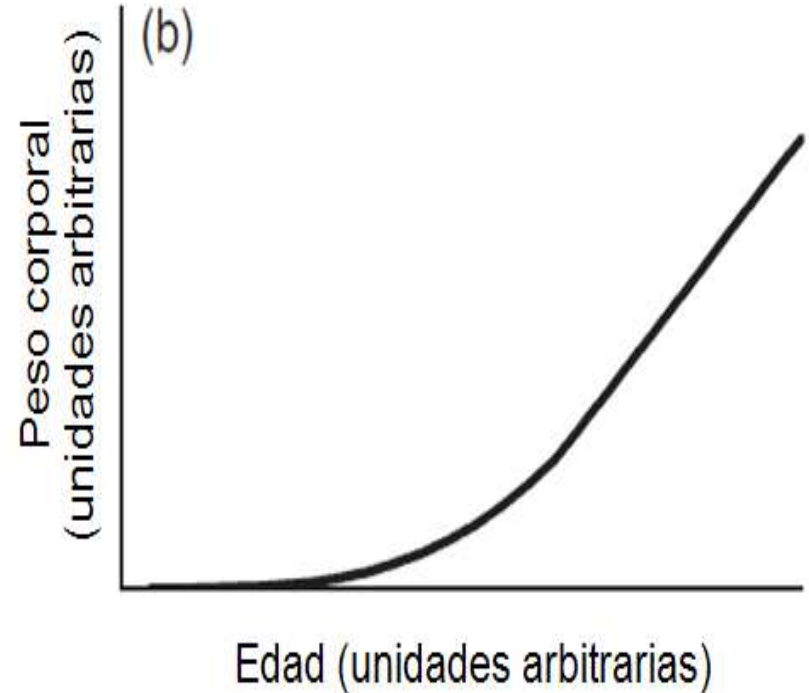
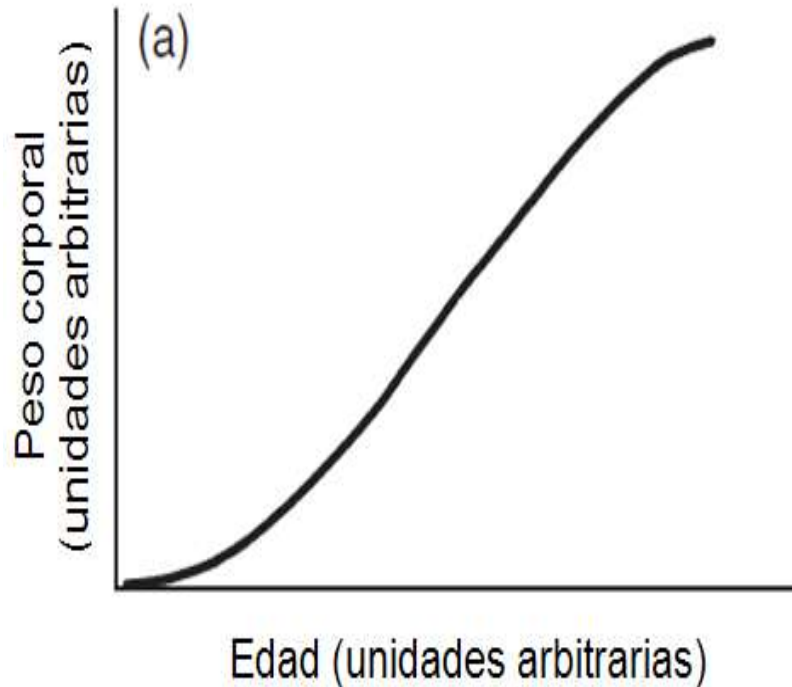
(Aguilar, 2010)

Curvas de Crecimiento

Fase lag se caracteriza por fuerte incremento durante las etapas iniciales y juveniles, es un periodo de adaptación al ambiente.

Punto de inflexión denota desaceleración en el crecimiento a medida que el animal se acerca a su estado adulto definitivo o se presentan eventos reproductivos.

Curvas de Crecimiento



Curvas de crecimiento típicas en animales terrestres (a) y peces (b).

Dumas *et al.* (2010).



MODELOS DE CRECIMIENTO

Modelo von Bertalanffy

- Ecuación no lineal más aplicada en ectotermos.
- Basada en equilibrio entre anabolismo y catabolismo.
- Alta exactitud, dificultad de aplicación en condiciones productivas.

$$P_t = P_{\infty}(1 - \exp^{-c(t-t_0)})^3$$

Donde:

P_t = Peso en el tiempo

P_{∞} = Peso asintótico

\exp = Base de los logaritmos naturales

c = Constante de crecimiento

t_0 = Tiempo cuando $P=0$

3 = Coeficiente alométrico

Tasa Específica de Crecimiento (TEC) (SGR)

- Modelo ampliamente utilizado en acuicultura.
- Responde a una dinámica exponencial.
- **NO** contempla factores ambientales.

$$TEC = \frac{P_f - P_i}{P_i} \cdot 100 \cdot \exp\left(\frac{TEC}{100} \cdot t\right) / t$$

Donde:

In = logaritmo natural

P_f = Peso Final

P_i = Peso Inicial

t = tiempo en días del ciclo

Coeficiente Térmico de Crecimiento (CTC) (TGC)

- Usado principalmente en producción de salmónidos.
- Responde a una dinámica cuadrática.
- Contempla el factor térmico.

$$CTC = \left[\frac{P_f^{1/3} - P_i^{1/3}}{\sum \theta C_e} \right]^3$$

Donde:

P_f = Peso Final

P_i = Peso Inicial

$\sum \theta C_e$ = Sumatoria de las temperatura efectiva en grados centígrados.

Determinación de temperatura efectiva

Valores de temperaturas limitantes y de confort para *Oreochromis sp.*

Temperatura (°C)				Especie	Referencia
Óptima	Cese de alimentación	Letal mínima	Letal máxima		
20 - 30		12	42	<i>Oreochromis sp.</i>	Cantor, 2007
28 - 32				<i>Oreochromis sp.</i>	Kubitza, 1999
27 - 35				<i>O. niloticus</i>	Baras <i>et al.</i> , 2001
29 - 31	16	11	37	<i>O. niloticus</i>	Popma y Lovsin, 1996
	13 - 18	10,6		<i>O. niloticus</i>	Atwood <i>et al.</i> , 2003



VARIABLES DEL ESTUDIO

Detalles del estudio

Lugar: Cañas, Guanacaste

198 estanques

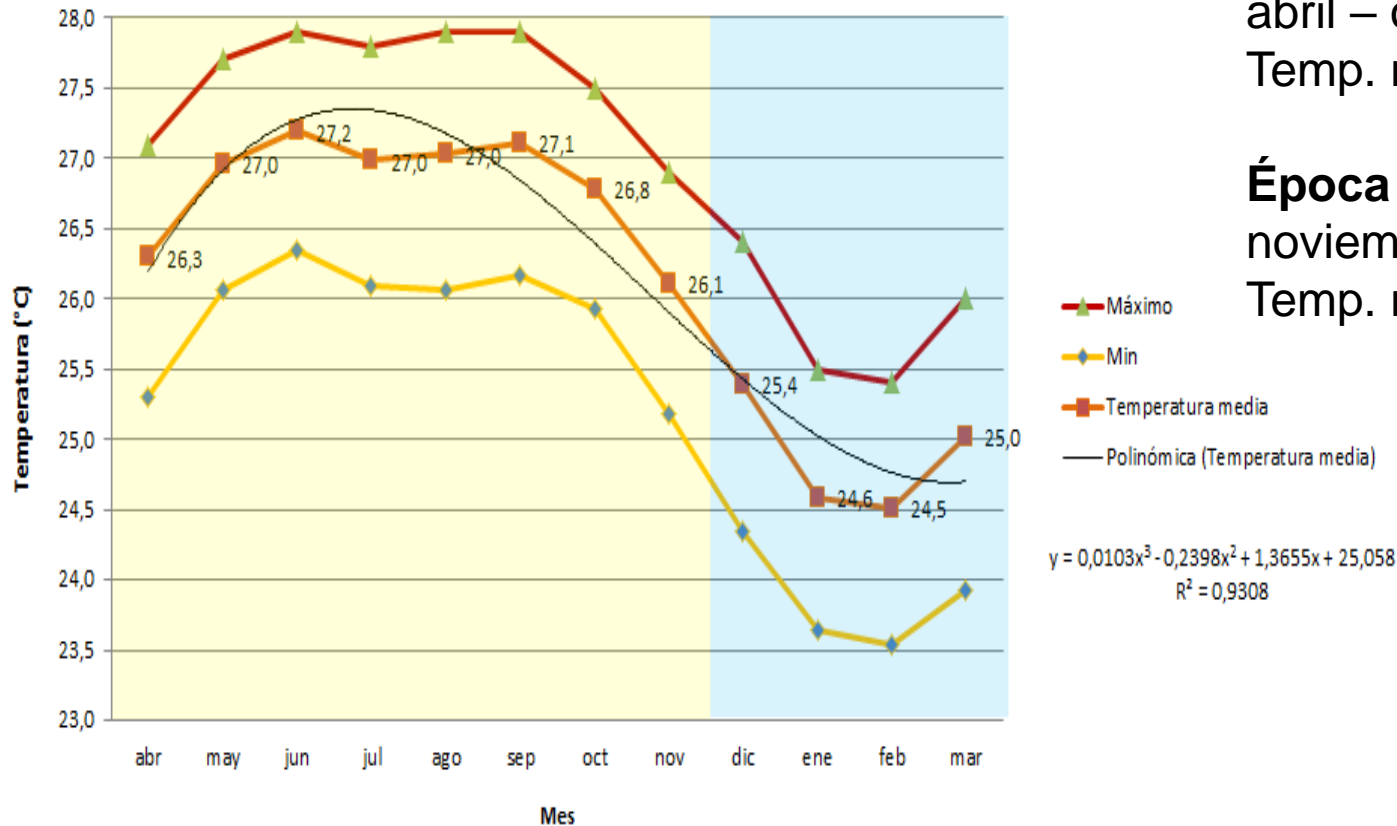
1388 registros de producción

Periodo: 2009 - 2012



Análisis preliminar

- Determinación de un perfil térmico de la zona de estudio (épocas térmicas).



Época cálida

abril – octubre.

Temp. media = **26,9 ± 0,64°C**

Época fría

noviembre – marzo.

Temp. media = **25,1 ± 0,9°C**

Comportamiento térmico anual del agua del Canal de Riego Sur.
Cañas, Guanacaste. 2006-2012.

Análisis preliminar

- Análisis de registros de rendimiento final por estanque y de temperaturas correspondientes a cada ciclo.
- Cálculo de índices de desempeño.
 - Factor de Conversión
 - Tasa Específica de Crecimiento
 - Coeficiente Térmico de Crecimiento

Índices de Desempeño

Valores medios y efectos de las fases en cada uno de las épocas térmicas sobre el **TEC**.

Época Térmica	Fase	Media	D.E.
Cálida	N1	6,02 ^a	0,80
	NE	2,25 ^b	0,33
	E2	0,91 ^c	0,17
Fría	N1	6,00 ^a	0,82
	NE	2,42 ^d	0,39
	E2	0,78 ^e	0,16
(P<F)	Interacción	<0,0001	
	Época Térmica	0,7344	
	Fase	<0,0001	
	Covariable	<0,0001	

¹ Diferentes superíndices al lado de los valores indican diferencias significativas (P<0,05) entre las medias determinadas por la prueba de DMS Tukey en el ANOVA.

Índices de Desempeño

Valores medios y efectos de las fases en cada uno de las épocas térmicas sobre el **CTC**.

Época Térmica	Fase	Media ¹	D.E.
Cálida	N1	0,00345 ^a	0,00059
	NE	0,00309 ^b	0,00046
	E2	0,00209 ^c	0,00037
Fría	N1	0,00381 ^d	0,00103
	NE	0,00381 ^d	0,00058
	E2	0,00207 ^c	0,00050
(P<F)	Interacción	<0,0001	
	Época Térmica	<0,0001	
	Fase	<0,0001	
	Covariable	<0,0001	

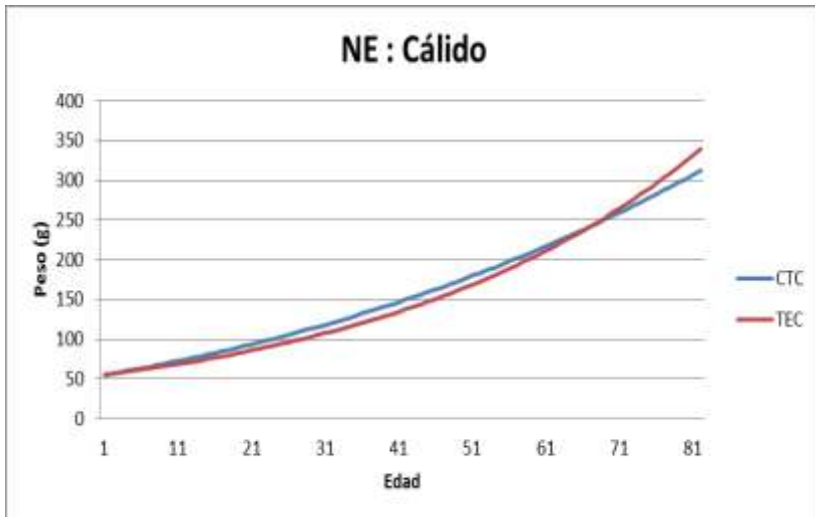
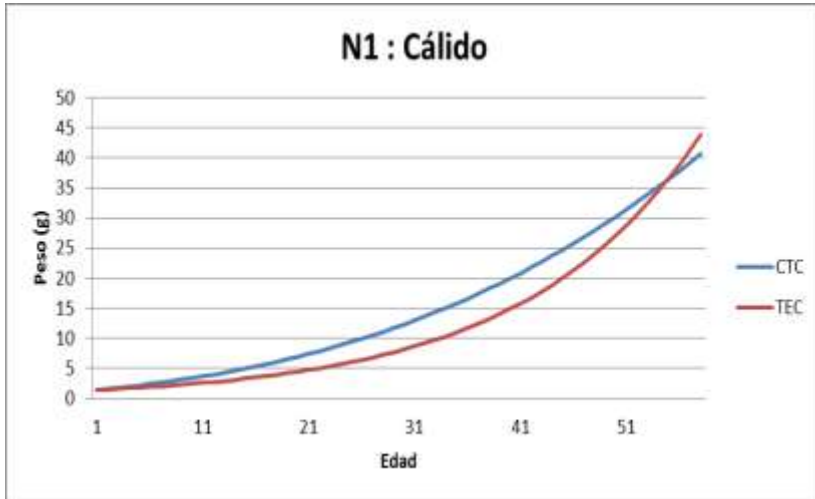
¹ Diferentes superíndices al lado de los valores indican diferencias significativas (P<0,05) entre las medias determinadas por la prueba de DMS Tukey en el ANOVA.

Curvas de Crecimiento

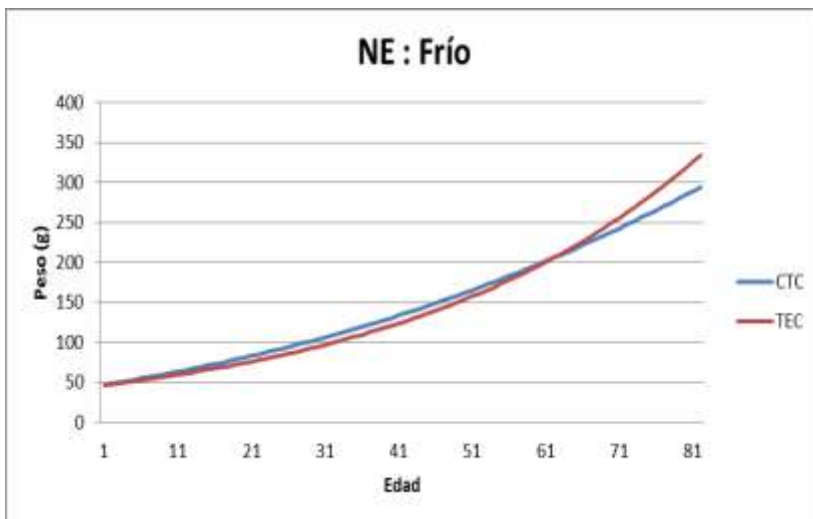
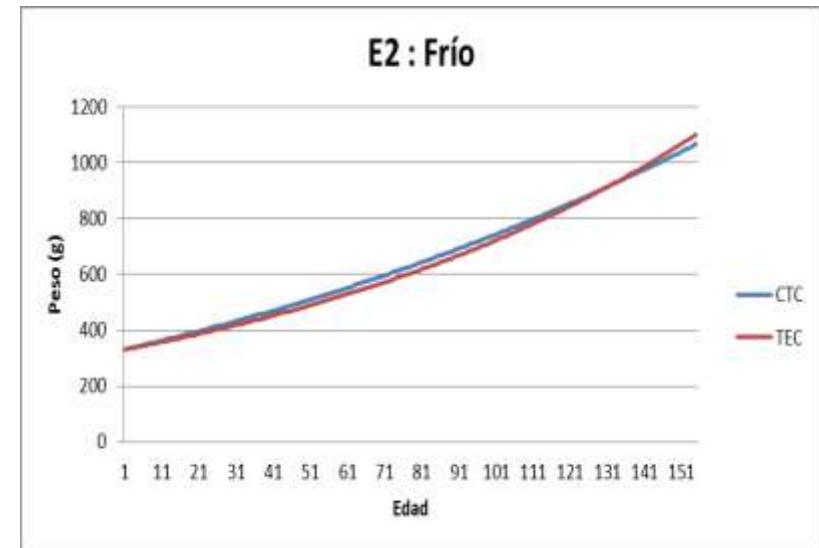
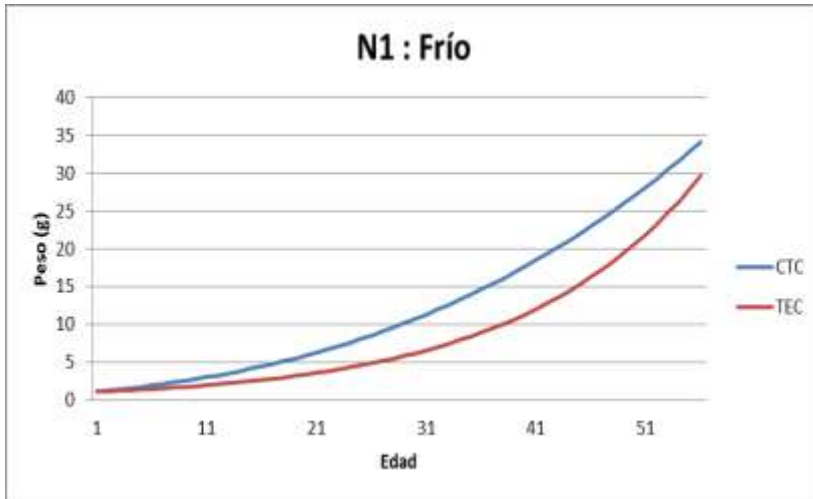
Pesos de cosecha proyectados de acuerdo a la fase, época térmica e índice de desempeño.

Índice de Desempeño	Época Térmica	Fase	Peso estimado (g)	Diferencia	R ²
TEC	Cálida	N1	44,0	6,1%	0,87
		NE	339,1	8,3%	0,93
		E2	989,2	8,7%	0,84
	Fría	N1	29,7	0,1%	0,90
		NE	302,8	10,6%	0,79
		E2	1101,9	16,8%	0,73
CTC	Cálida	N1	40,6	-2,0%	0,92
		NE	312,1	-0,4%	0,87
		E2	1021,1	12,2%	0,91
	Fría	N1	34,1	15,0%	0,91
		NE	274,7	0,3%	0,90
		E2	1066,6	13,0%	0,63

Curvas de Crecimiento Época Cálida

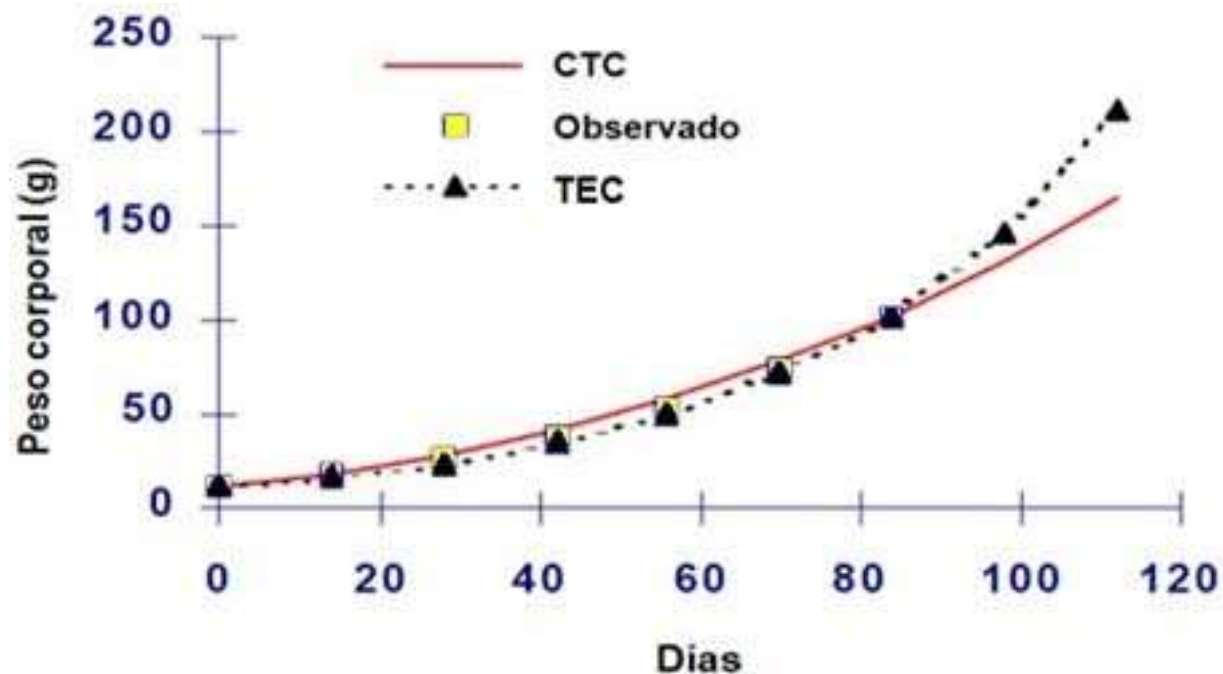


Curvas de Crecimiento Época Fría



Consideraciones

- El CTC es el mejor estimador del proceso de crecimiento contemplando la variable térmica y separación por fases.
- La TEC es funcional sin embargo acarrea el riesgo alto de sobreestimación al sobrepasar los días determinados por fase.



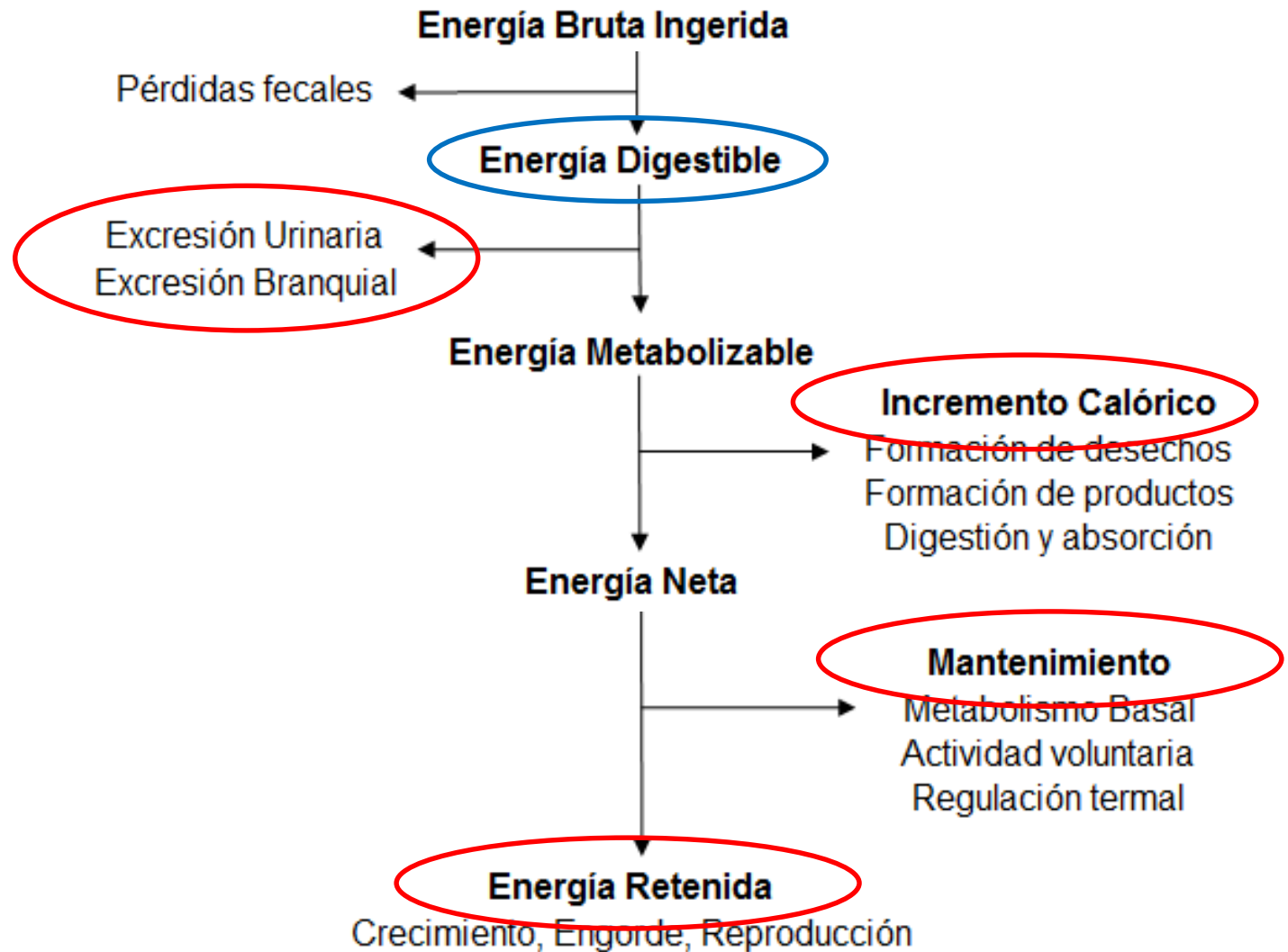


TASA DE ALIMENTACIÓN

Tasa de Alimentación Diaria

- Expresada como consumo porcentual del Peso Vivo (%PV), dos formas de obtención:
- Relacionando indicadores productivos:
 - Crecimiento porcentual, TEC
 - Digestibilidad, Factor de Conversión (FC)
- A partir de requerimientos y principios bioenergéticos o de deposición de nutrientes.

Distribución de la energía dietaria en peces



$$ED \text{ req} = ER + EMB + ICA + (EU + EB)$$

Tasa de Alimentación Diaria

- Energía Retenida (ER) =
 $(6,43 * Pf - 6,43 * Pi)$
- Metabolismo Basal (EMB) =
 $[(-30,33 + 2,37 * ^\circ T) * Pf^{0.80}]$
- Incremento Calórico Alimentario (ICA) =
 $[0,45 * (ER + EMB)]$
- Excreción Urinaria y Branquial (EU+EB) =
 $[0,043 * (ER + EMB + ICA)]$

(Chowdhury *et al.*, 2013)

Tasa de Alimentación Diaria

Tasa de alimentación (%PV/d) determinada a partir de Requerimiento de Energía Digestible (EDReq).

Época Térmica	Fase	TAD (%PV/d)			
		<u>EDReq</u>	<u>EDReq*FC</u>	Real	Diferencia
Cálida	N1	5,4%	6,9%	7,6%	-0,8%
	NE	2,5%	3,5%	3,2%	0,3%
	E2	1,2%	2,5%	1,9%	0,6%
Fría	N1	5,5%	10,4%	11,3%	-1,0%
	NE	2,3%	3,2%	3,4%	-0,2%
	E2	0,8%	1,8%	1,7%	0,1%

Se estimaron satisfactoriamente los requerimientos energéticos y establecieron tasas de alimentación para seis diferentes escenarios de producción.



CONCLUSIONES

- Se logró aplicar con relativa exactitud un modelo bioenergético a partir del peso corporal y el comportamiento del crecimiento.
- En una siguiente etapa de este estudio, se debe realizar la validación de los modelos propuestos así como la tasa de alimentación contra valores controlados a través del tiempo.
- Se evidenció la necesidad de incrementar los estudios en torno al metabolismo energético, del uso de nutrientes y de los factores exógenos que modifican el rendimiento de la tilapia en Costa Rica.



AGRADECIMIENTOS

Ruth Vargas Cordero M.A.E.

Jorge Camacho Sandoval, Ph.D.

Ingo Wehrtmann, Dr.

Aqua Corporación Internacional S.A.



Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) en condiciones comerciales corregida por el coeficiente térmico de crecimiento

Ing. Javier Arce Vega

