

CRECIMIENTO DE CARPA COMÚN (*Cyprinus carpio carpio*, LINNAEUS, 1758) EN JAULAS FLOTANTES EN UN RESERVOIRIO DE CAJICÁ (CUNDINAMARCA), COLOMBIA

Fecha de recepción: 16 de septiembre de 2012 • Fecha de aceptación: 29 de octubre de 2012

GROWTH OF COMMON CARP (*Cyprinus carpio carpio*, LINNAEUS, 1758) IN FLOATING CAGES IN A RESERVOIR OF CAJICÁ (CUNDINAMARCA), COLOMBIA

Aixa Laverde Barbosa Bióloga¹ • Raúl Hernando López Peralta, Dr. rer. nat.²

RESUMEN

Entre agosto de 2009 y febrero de 2010 se mantuvieron alevines de *Cyprinus carpio carpio* en nueve jaulas flotantes en un reservorio artificial. Se evaluó su crecimiento con tres dietas: A= concentrado (38% proteína) 10% del peso, B= concentrado (38% proteína) *ad libitum* (B), C= alimento vivo. Quincenalmente se determinaron algunas variables de crecimiento de los alevines y su tolerancia a las condiciones físico-químicas del reservorio; además se evaluó el espectro trófico y la oferta de zooplancton. La tasa específica de crecimiento y la ganancia en peso más eficientes se alcanzaron en la dieta con alimento vivo (2,21% y 15,84 g, respectivamente), constituido, en especial, por Cladocera (16%), Copepoda (16%) y detritus (35%), en concordancia con la oferta trófica en el agua. El modelo de crecimiento potencial se ajustó a las tres dietas (R^2 : A= 0,98, B= 0,98, C= 0,99). Las variables abióticas de mayor influencia en el crecimiento fueron: pH, O₂ disuelto, NO₃⁻, y dureza. El factor limitante fue el nitrógeno y su relación con el fósforo tendió a aumentar con la pluviosidad. El reservorio mostró las condiciones mínimas para el mantenimiento de *C. carpio carpio*, pese a su tendencia a la eutrofia y contaminación moderada.

Palabras clave: *Cyprinus carpio carpio*, crecimiento, jaulas, alimento vivo, N:P.

^{1,2}Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología Aplicada, Campus Nueva Granada, Universidad Militar Nueva Granada, kilómetro 2 vía Cajicá-Zipacquirá. Autor para correspondencia: raul.lopez@unimilitar.edu.co

ABSTRACT

Between August 2009 and February 2010 fry of *Cyprinus carpio carpio* were maintained in nine floating cages in an artificial reservoir. Growth was evaluated by means of three diets: A= concentrate 10% of body weight, B= concentrate (38% protein) *ad libitum*, C. Live food. Biweekly the fry growth and their tolerance to physical and chemical conditions of the reservoir were determined; the trophic spectrum and supply of zooplankton were also evaluated. Specific growth rate and weight gain were more efficiently achieved in the live food diet (2.21% and 15.84 g, respectively), constituted especially by Cladocera (16%), Copepoda (16%) and detritus (35%), consistent with the trophic offer in the water. The potential growth model was fitted to the three diets (R^2 : A = 0.98, B = 0.98, C = 0.99). The most influential abiotic variables on growth were: pH, dissolved O_2 , NO_3^- and hardness. Nitrogen was the limiting factor and its relationship with phosphorus tended to increase with rainfall. The reservoir showed the minimum conditions for the maintenance of *C. carpio carpio*, despite its tendency to moderate eutrophication and pollution.

Key words: *Cyprinus carpio carpio*, growth, cages, live food, N:P.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha adquirido mayor auge en el mundo durante los últimos años, ya que los ecosistemas acuáticos naturales han sido explotados para la comercialización de diferentes organismos, con un impacto negativo sobre varias comunidades. Esto ha estimulado técnicas de producción, como la piscicultura, que no sólo buscan el alimento para el consumo humano, sino también el aumento y restauración de las poblaciones naturales (FAO, 2009), que cada vez se ven más afectadas por el cambio climático (Cochrane et al., 2009).

Una de las especies ícticas de interés es la carpa común (*Cyprinus carpio carpio*), cuya variedad israelí se cultiva en México, Ecuador, Brasil, Paraguay, Bolivia, Colombia y Chile. Una de sus ventajas es su amplio espectro trófico, lo que le facilita sobrevivir en ambientes adversos. Acepta alimento producido en estanques y productos a base de carbohidratos, como sorgo y otros cereales, e incluso subproductos agrícolas, como salvado de arroz, lo que se aprovecha

en el marco de la Agro-Acuicultura integrada (FAO, 2003). Así, este pez puede cultivarse con éxito a diferentes escalas de intensidad, en condiciones climáticas y factores abióticos propios de diferentes cuerpos de agua dulce, por lo que también muchos aspectos de su fisiología, nutrición, genética y enfermedades han sido estudiados (Stickney, 2000).

La razón principal de la popularidad de los cultivos de peces y otros organismos en estanques o reservorios, es que su producción en estos ambientes puede resultar más económica (Navarrete et al., 2004; Huipe y Bernal, 2009), incluso en jaulas (ICCAE, 1995; González et al., 2002; Vergara et al., 2005; Williams, 2008), sobre todo si se efectúa una evaluación permanente de su estado trófico, con el fin de mantener un medio apropiado para los organismos (Botero et al., 2006).

Se considera que este tipo de ensayos, a pequeña escala, puede contribuir en la búsqueda de recintos adecuados para el mantenimiento y de una

dieta más efectiva para *C. carpio carpio*, ya sea en condiciones de cultivo extensivas o semi-extensivas, considerando la composición del alimento y las características del medio (Evans y Claiborne, 2006), lo que permite avanzar hacia proyectos de mayor escala, incluyendo estudios de mercadeo. Los cultivos extensivos tienen un menor impacto ambiental en los ecosistemas, al emplearse alimento natural disponible en ellos, a diferencia de los piensos comerciales granulados que afectan, a veces en alto grado, la dinámica trófica y poblacional de los cuerpos de agua (Vergara et al., 2005).

El presente trabajo busca contribuir con la investigación y posible implementación de cultivos extensivos y semi-extensivos de *C. carpio carpio* en la Sabana de Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El crecimiento de *C. carpio carpio* se evaluó entre agosto de 2009 y febrero de 2010. Se usó un reservorio artificial ubicado en las coordenadas 4°56'40.3182" Latitud Norte-74°0'41.4288" Longitud Oeste, a las afueras del Municipio de Cajicá

(Cundinamarca) en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada (Campus-UMNG) (2.534 msnm). La temperatura promedio en el área de Cajicá varía entre 10 y 14°C (cajica-cundinamarca.gov.co) y en el Campus-UMNG el promedio es de 13,1°C, mientras que las precipitaciones pueden oscilar entre menos de 0,113 y 0,151 mm; se han registrado valores extremos de 0,708 mm y hasta 0,933 mm, bajo la influencia de un episodio La Niña en 2011 (Castañeda y Ochoa, 2012).

El reservorio tiene un área de 4 m x 32 m (128 m²) y 3 m de profundidad en la parte más profunda de su cubeta, que tiene forma trapezoidal y sustrato de tierra franco arcillosa (Aconcha y Suárez, 2005) y está rodeado en su mayoría por césped y grandes sauces (*Salix sp.*) (Fig. 1).

La temperatura del reservorio tiene un amplio rango de variación nictimeral (6,20-20,65°C) y el promedio de O₂ disuelto es de 4,85 mg/l. Son comunes macrofitos acuáticos flotantes, como *Azolla sp.*, *Lemna sp.* y *Limnobium laevigatum*, y microcrustáceos y rotíferos, además de una gran variedad de insectos acuáticos o larvas de insectos terrestres (Aconcha y Suárez 2005; Londoño y Tovar, 2011; Castañeda y Ochoa, 2012).

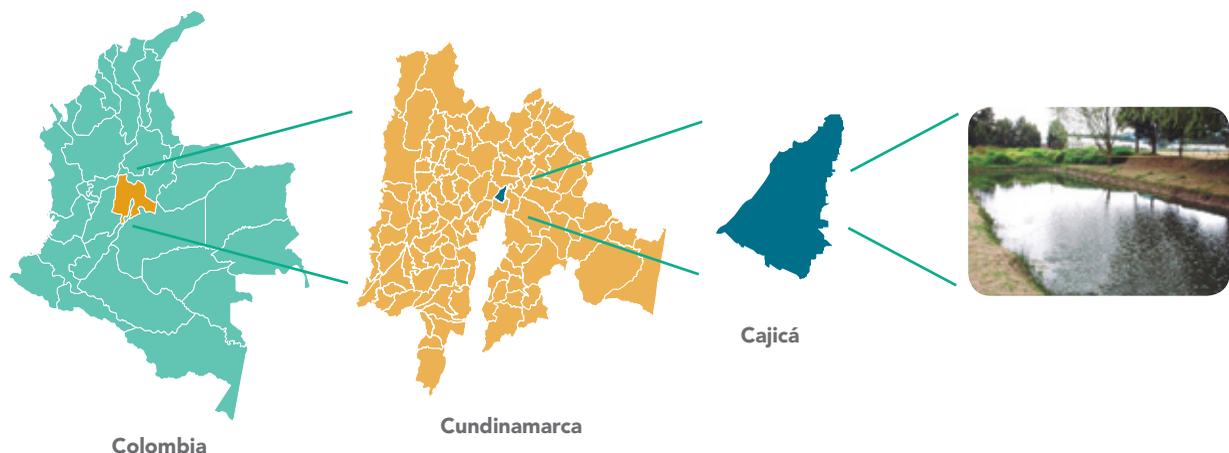


Fig. 1. Ubicación del municipio de Cajicá (modificado de inci.gov.co y cajica-cundinamarca.gov.co) y aspecto general del reservorio.

Perfil limnológico del reservorio

En el rango horario 10:00-14:00 h se tomaron, al azar, muestras de agua superficial para estimar la concentración (mg/l) de NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} y dureza, utilizando un equipo colorimétrico de campo MERCK®. Los valores de pH y O_2 disuelto (mg/l) se obtuvieron con medidores electrónicos, las concentraciones de sales disueltas (mg/l) con un refractómetro RHS-10ATC y la transparencia (cm) con un disco Secchi. Todas las determinaciones se llevaron a cabo cada quince días, simultáneas a la extracción de los peces para los registros del crecimiento. Se estableció la cobertura de macrofitos flotantes (%) en el cuerpo de agua, solamente cuando fue del 0% (ausencia de macrofitos) o del 100% (cobertura total).

La dureza de carbonatos se consideró equivalente a la dureza total, pues la primera suele ser más alta, en cuyo caso no se estima la total (MERCK, 2009). En varios humedales de Bogotá se ha observado esta particularidad, como en Santa María del Lago (López, 2012).

Se realizó el cálculo estequiométrico del NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- y PO_4^{3-} , con el fin de hallar la relación N:P, identificar el factor limitante y evaluar el grado trófico del reservorio, con base en esta relación, incluyendo los datos de transparencia del agua (mesotrofia 0,8-1,6 m). Los grados considerados para N:P fueron: oligotrofia >63, mesotrofia 20-27, eutrofia 10 e hipertrofia <4 (Ramírez y Viña, 1998).

En la estimación de la carga orgánica se tuvieron en cuenta los valores dados por MERCK (2009) (Tabla 1).

Debido a la influencia climática sobre las variables mencionadas anteriormente, se consideraron los promedios mensuales de la precipitación (mm), la temperatura del aire (°C) y la humedad relativa (%), suministrados por la Estación Meteorológica del Campus-UMNG.

Para complementar el cuadro limnológico, una vez al mes se realizaron arrastres de zooplancton en el primer metro de la superficie, a lo largo del eje más largo del reservorio. Se usó una red tipo Apstein

Tabla 1. Valores de carga orgánica de las variables abióticas utilizadas para definir el grado de contaminación del reservorio durante el periodo de estudio (modificado de MERCK, 2009).

Grado de contaminación	NO_2	NO_3	NH_4	PO_4	O_2
	mg/l				
1 0 a muy ligera	<0,1	<1,0	<0,1	<0,03	>8
2 Moderada	0,2-0,5	1,0-5,0	0,1-1,0	<0,5	>6
3 Media				5,0	
3 Alta	0,03-0,1	>5,0	>2,0	>0,5	>2
4 Extrema			>5,0		<2

de 20 cm de apertura, 80 cm de longitud y ojo de malla de 95 μm , con el fin de cuantificar e identificar los organismos zooplanctónicos. También se evaluó su variación en biomasa y densidad durante el periodo estudiado, y se comparó su composición taxonómica con el contenido del tracto digestivo de los alevines de *C. carpio carpio*.

Con un divisor Folsom se obtuvieron dos sub-muestras iguales; una se utilizó para la separación de los organismos en grandes grupos (Brusca y Brusca, 2003), bajo un estereoscopio LEICA ZOOM 2000. El otro 50% se colocó sobre papel filtro de peso conocido en un embudo adaptado a una probeta de 50 ml; luego se dejó filtrar y secar durante 24 h para determinar la biomasa seca (g) (modificación de Wetzel y Likens, 2000).

El cálculo de la biomasa y la densidad del zooplancton/ m^3 se realizó aplicando la fórmula (López, 2009): $B \text{ ó } A = b \text{ ó } a/\pi * r^2 * d$ (1 m^3), donde: b ó a= biomasa o densidad bruta en cada arrastre, r = radio de la abertura de la red (0,1 m), d = distancia recorrida durante el arrastre (16 m).

Diseño experimental

Los alevines de *C. carpio carpio* fueron adquiridos en un proveedor comercial de Bogotá. En su mantenimiento se siguieron los métodos de ICCAE

(1995) modificados, para lo cual se fabricaron nueve jaulas de 0,70 m de arista (0,34 m³), compuestas de un armazón de tubo PVC cubierto por una malla plástica de 1 x 2 mm de poro. Se adecuó una tapa en los mismos materiales y boyas para la flotabilidad de las jaulas; éstas fueron atadas por medio de nylon de 90 libras a estacas de madera clavadas en la orilla, para su manipulación. 300 alevines se repartieron en seis jaulas (original y una réplica) a una densidad de 50 alevines/jaula; en las tres réplicas restantes se ubicaron 30 alevines/jaula.

Las dietas se distribuyeron al azar, dado que así se ubican distintos grupos o animales para comparar tratamientos distintos, dando a cada participante la misma probabilidad de ser asignado a cualquiera de los grupos; generalmente se considera cuando no existen razones especiales o factores que condicionen su dispersión en una forma determinada (Triola, 2000), como en el presente caso (Fig. 2).



Fig. 2. Ubicación de las jaulas flotantes en el reservorio. Dietas al azar: A. Concentrado 10% del peso, B. Concentrado *ad libitum*, C. Alimento vivo.

Dieta A (tres jaulas): Los 130 alevines se mantuvieron con alimento comercial MOJARRA38® en raciones correspondientes al 10% del peso, obtenido a partir del promedio inicial de diez de ellos. Esta

dieta fue ajustada cronológicamente de acuerdo con el crecimiento quincenal de los peces (modificación de González *et al.*, 2002).

Dieta B (tres jaulas): Los 130 alevines fueron alimentados *ad libitum* (hasta la saciedad) con alimento comercial MOJARRA38®, durante todo el periodo de evaluación, como una forma primaria de optimizar el crecimiento de los peces (Aguilar, 2010).

Dieta C (tres jaulas): Los 130 alevines fueron utilizados como control del ensayo, permitiéndoles consumir exclusivamente alimento vivo del reservorio.

Los alevines de las dietas A y B fueron alimentados una vez al día, en horas de la tarde (entre las 12:00 y 14:00 h). Durante las seis primeras semanas el alimento comercial fue suministrado macerado para garantizar su consumo por parte de los individuos más pequeños.

Cada quince días se extrajeron aleatoriamente 10 peces de cada jaula/dieta, para establecer su peso (g) y longitudes estándar y total (cm). Los especímenes fueron medidos con un calibrador y pesados en una balanza OHAUS EXPLORER PRO de 0,001 g de precisión.

Identificación de las presas

De los peces expuestos a las tres dietas, periódicamente se extrajeron de forma aleatoria dos individuos (82 en total), los cuales se sacrificaron mediante un choque térmico y posterior corte medular, siendo consecuentes con las prácticas de eutanasia de peces aprobadas por la AVMA (2007). Luego se diseccionaron para obtener el contenido del tracto digestivo. Las muestras se fijaron, debidamente etiquetadas, en formaldehído al 4%, para la posterior identificación de los ítems alimentarios (presas) a nivel de taxa superiores (Brusca y Brusca, 2003). En esta tarea se utilizó un estereoscopio LEICA ZOOM 2000.

Utilizando valores de 1 (presencia) y 0 (ausencia) se registraron los ítems (presas) de cada muestreo, y se realizó un promedio mensual porcentual de aparición en los tractos digestivos de los alevines. Como

detritus se consideraron todos los restos orgánicos en descomposición y partes de animales y plantas (fishbase.org).

Mensualmente se efectuó la limpieza de las jaulas, para evitar la acumulación de desechos que pudieran afectar el desarrollo y la supervivencia de los peces, así como la recolección mensual de los macrofitos flotantes, con el fin de evitar la cobertura total del espejo de agua.

Crecimiento y tasa de supervivencia

Se valoraron algunos atributos de crecimiento (aumento de peso y longitud) (González *et al.* 2002, Botero y Ospina, 2003; Mercado *et al.*, 2006), y la tasa de supervivencia (Pineda, 1999) (Tabla 2).

Los datos de peso y longitud total se emplearon para obtener las curvas de crecimiento que más se ajustaran a los datos, definidos por el coeficiente de determinación R^2 (0-1), para lo cual se compararon las ecuaciones de tipo potencial, exponencial, logarítmico y polinomial, que pueden ilustrar los modelos de crecimiento en peces, incluyendo *C. carpio carpio* (Navarrete *et al.*, 2004; Vergara *et al.*, 2005; Aguilar, 2010).

Con los datos de peso, longitud estándar y longitud total finales se realizó el análisis de normalidad de Ryan-Joiner, para un posterior modelo factorial con un factor (ANOVA $p > 0,05$), con el fin de detectar posibles diferencias significativas entre esas variables, correspondientes a las tres dietas y entre las réplicas de cada una de ellas (Ramírez, 2006). Se empleó el programa MINITAB® 15.1.30.0 y se confirmaron los resultados de estas pruebas estadísticas con el programa R.

Relación entre las variables abióticas y el crecimiento de *C. carpio carpio*

Se aplicaron regresiones múltiples (Zar, 1999) con el programa MINITAB® 15.1.30.0. Las variables dependientes fueron el peso y las longitudes en las tres dietas, y las independientes: temperatura, O_2

Tabla 2. Descriptores del crecimiento y supervivencia de *C. carpio carpio* en jaulas flotantes en un reservorio artificial rural. Cajicá (Cundinamarca), Colombia.

Descriptor	Explicación
$GP = Pf - Pi$	GP = Ganancia en Peso Pf = Peso promedio final Pi = Peso promedio inicial
$GL = Ltf - Lti$	GL = Ganancia en longitud Ltf = Longitud total final Lti = Longitud total inicial t = Tiempo del ensayo en días
$IDP = (GP/t)$	IDP = Incremento diario en peso t = Tiempo del ensayo en días
$IDL = (GL/t)$	IDL = Incremento diario en longitud GP = Ganancia en peso
$TEC = [(e^{\ln Pf / \ln Pi})^{1/t}] * 100$	TEC = Tasa específica de crecimiento Pf = Peso promedio final Pi = Peso promedio inicial t = Tiempo del ensayo en días
$W = aL^b$	W = Peso total en g. L = Longitud patrón en cm a = Origen b = Pendiente
$TS = (Ti - Tf/T) \text{ total} * 100$	TS = Tasa de Supervivencia Ti = Número unicial de alevines/dieta Tf = Número final de alevines T total = Número total de alevines

disuelto, sales disueltas, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- y PO_4^{-3} , en la superficie del reservorio, y transparencia, así como la temperatura del aire, la precipitación y la humedad relativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos climáticos

De mayo de 2009 a febrero de 2010 se desarrolló un episodio El Niño que influenció el territorio Colombiano, afectando la región Andina (incluido el Departamento de Cundinamarca) con altas temperaturas y poca pluviosidad, cuyos promedios estuvieron muy por encima ($23,5^{\circ}\text{C}$) y por debajo de lo normal (70%), respectivamente (IDEAM 2009a-c, 2010a-b).

En el área de estudio esos efectos climáticos no fueron tan marcados entre agosto y noviembre de 2009; la precipitación y la humedad relativa se intensificaron de forma paulatina, mientras la temperatura del aire tendió a disminuir, salvo en octubre y noviembre, cuando los pocos días secos fueron más calurosos, en comparación con los meses anteriores. De noviembre de 2009 a enero-febrero de 2010 la influencia de El Niño se evidenció por la disminución drástica de las precipitaciones (de 82,40 a 6,00 mm) y la humedad relativa (de 82,56 a 71,24%), paralela al aumento de la temperatura del aire (de $12,62$ a $14,41^{\circ}\text{C}$) (Fig. 3).

Aspectos limnológicos del reservorio

La temperatura superficial varió cronológicamente ($16,70$ - $20,65^{\circ}\text{C}$) (Fig. 4), similar a la del aire, pero con un promedio más alto ($18,33^{\circ}\text{C}$) que el de aquel ($13,11^{\circ}\text{C}$, rango $12,52$ - $14,41^{\circ}\text{C}$). El oxígeno disuelto fue muy fluctuante ($0,50$ - $13,92$ mg/l, promedio $4,85$ mg/l), seguramente asociado al desarrollo de los macrofitos flotantes, pues éstos transfieren oxígeno desde sus raíces al agua, manifestándose su carácter biodepurador, pero su desarrollo excesivo restringe el intercambio con la atmósfera, llegando a la anoxia y eutrofización durante los periodos de aguas bajas (Meerhoff y Mazzeo, 2004; Roldán y Ramírez, 2008; Williams, 2008).

Lo expuesto ayudaría a explicar los valores bajos de oxígeno disuelto ($0,5$ mg/l) en septiembre y noviembre de 2009, cuando la cobertura vegetal

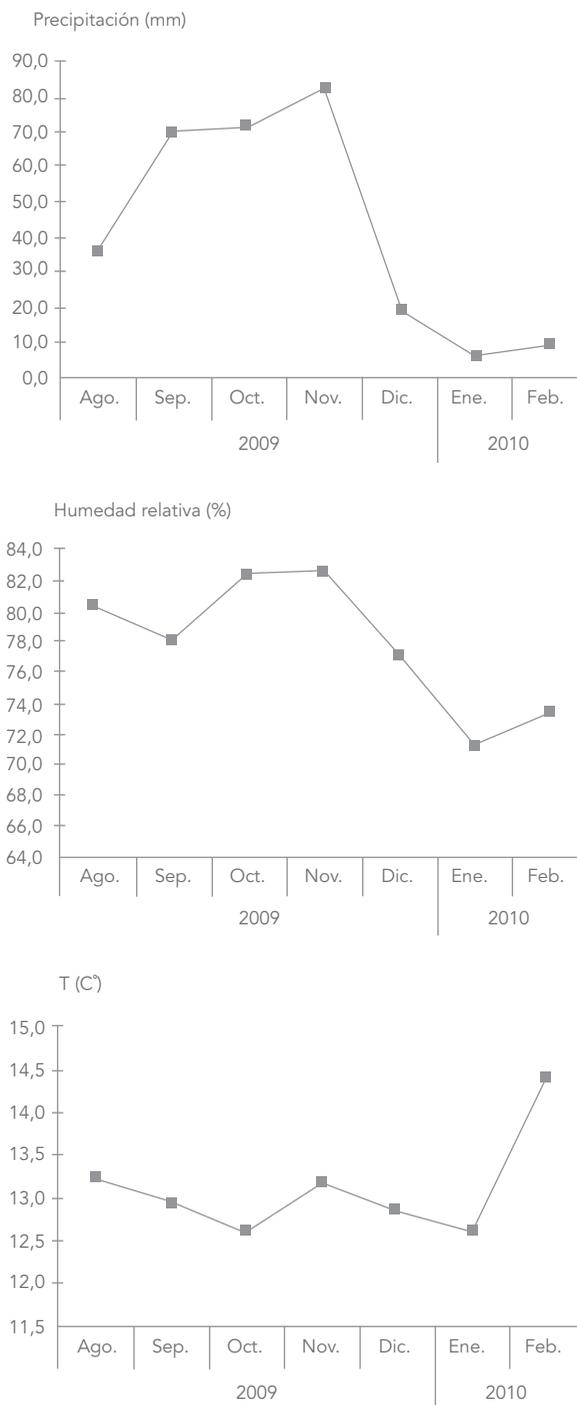


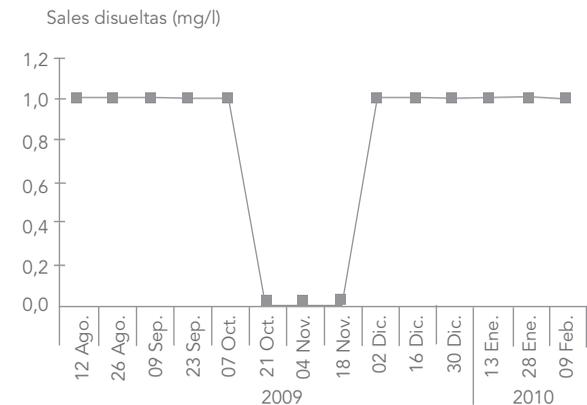
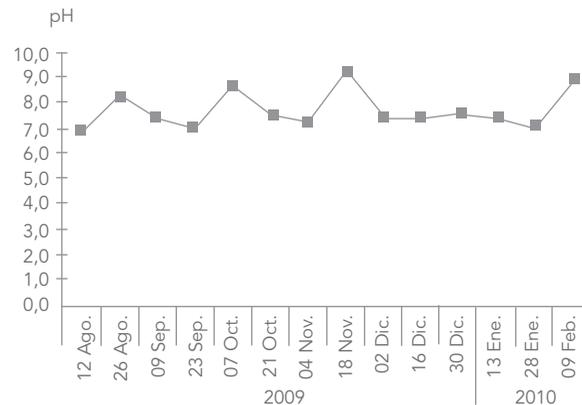
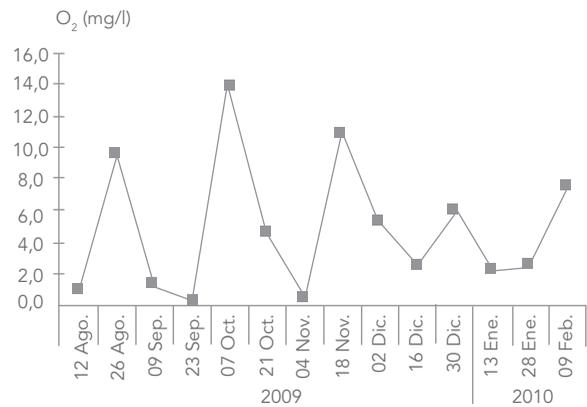
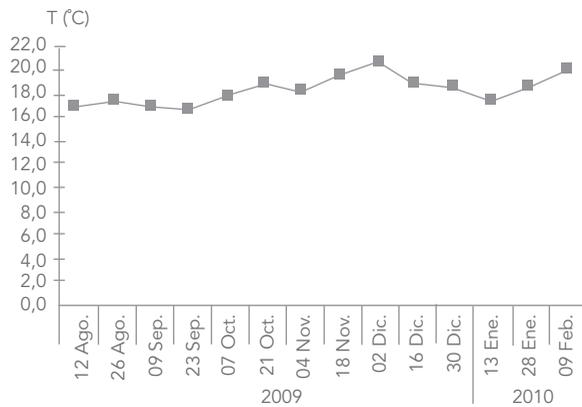
Fig. 3. Variación del promedio mensual de la precipitación (mm), humedad relativa (%) y temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) en el Campus-UMNG entre agosto de 2009 y febrero de 2010.

flotante fue del 100%. La transparencia (30-70 cm, promedio 57,50 cm) varió acorde con la cobertura y los periodos de lluvia, los cuales aumentaron la turbidez del cuerpo de agua. La dureza, el pH y las sales disueltas se mantuvieron ente los rangos de tolerancia de *C. carpio carpio* (Graeff y Mondardo, 2002; Graeff et al., 2002).

Durante los seis meses de estudio la relación N:P varió entre 1 y 5 (Fig. 5), lo cual indica que el factor limitante en el reservorio fue el N y que el sistema tiende a la eutrofización (Ramírez & Viña, 1998). El P ha sido reconocido como el principal nutriente limitante para la producción primaria en los ecosistemas acuáticos continentales; sin embargo, existe una evidencia

creciente de que el nitrógeno también puede serlo, sobre todo cuando hay sobre-enriquecimiento por P, disminuyendo el cociente N:P (Camargo y Alonso, 2007), como ocurrió en el reservorio. El alto grado de confinamiento (Roldán y Ramírez, 2008) también pudo contribuir a este hecho, ya que el reservorio sólo posee un afluente para su llenado.

La tendencia de la relación N:P fue a aumentar con las precipitaciones, lo que es normal, pues el N y el P son transportados a los cuerpos de agua por escorrentía; también debe considerarse que la relación N:P disminuye en los procesos de eutrofización (Roldán y Ramírez, 2008), de forma que los valores estimados tuvieron que ver con ellos.



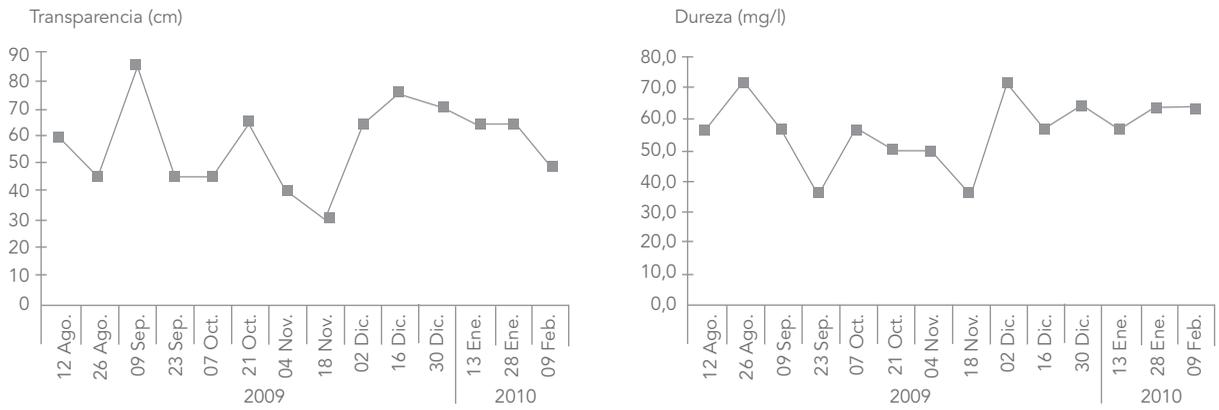
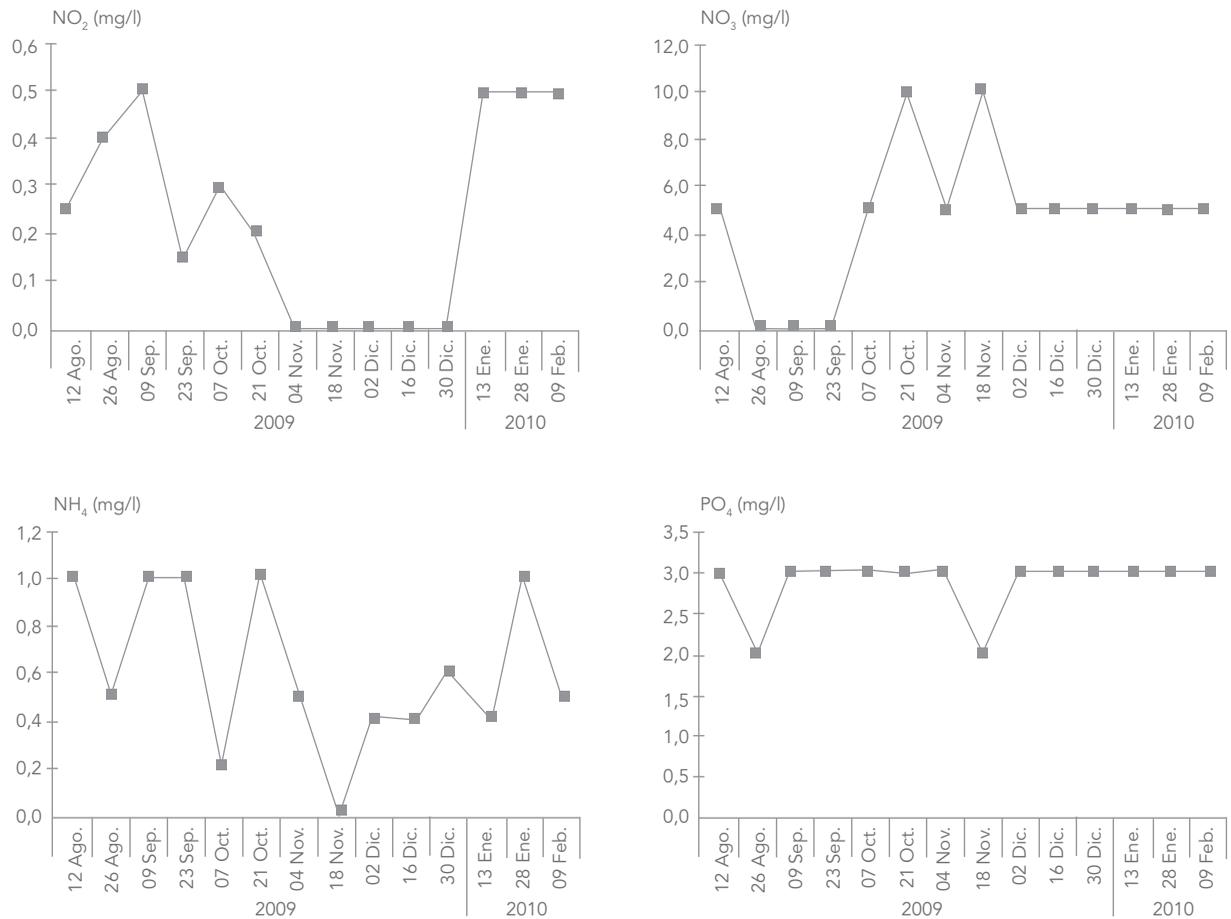


Fig. 4. Fluctuación de las variables limnológicas en el reservorio usado para el mantenimiento de alevines de *C. carpio carpio* en jaulas flotantes entre agosto de 2009 y febrero de 2010.



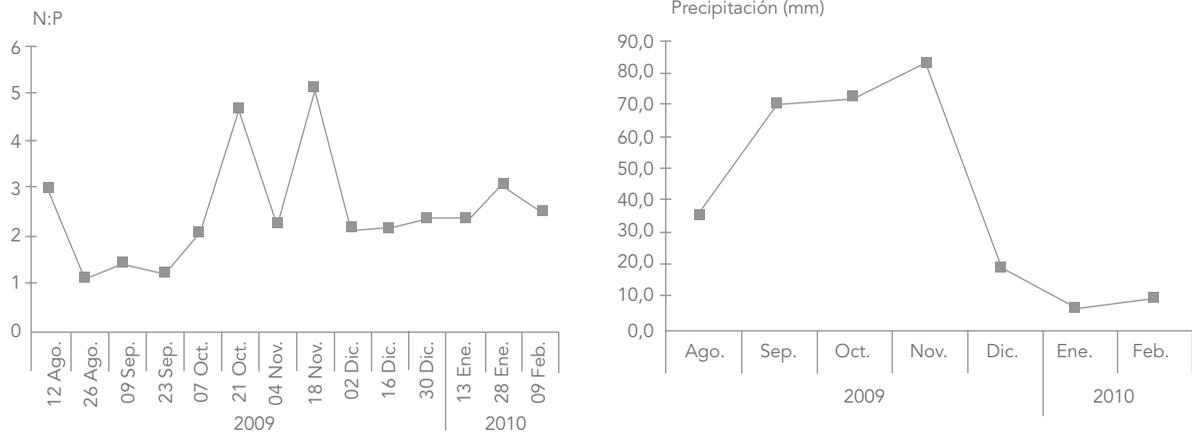


Fig. 5. Variación de los nutrientes y la relación N:P comparada con los promedios de pluviosidad en el Campus-UMNG entre agosto de 2009 y febrero de 2010.

En la dinámica general de nutrientes en el reservorio se debe considerar el carácter relativamente somero de la cubeta (3 m). Por ese motivo, en la mayoría de humedales de Bogotá y la sabana hay una circulación completa de nutrientes en la columna de agua, lo que, combinado con las temperaturas relativamente altas, participa en el aumento de biomasa de macrofitos en ellos (CB, 2010), similar a lo observado en el reservorio. Por esto y por los promedios de NO₂⁻ (0,23 mg/l), NO₃⁻ (4,64 mg/l), NH₄⁺ (0,60 mg/l) y PO₄³⁻ (3,00 mg/l), y la transparencia (57,50 cm) (Ramírez y Viña, 1998), ese sistema se catalogó como tendiente a la eutrofización, con un grado de contaminación moderada, durante el periodo de estudio.

En otros trabajos se ha establecido lo mismo, así como concentraciones de NO₂⁻= 0-0,3 mg/l, NO₃⁻= 10,0-50,0 mg/l, PO₄³⁻= 0,1-2,0 mg/l, NH₄⁺= 3,0 mg/l (constante) y pH= 6-7 (Aguilar et al. 2006, Arguelles et al. 2008 y Ardila et al. 2009, Londoño y Tovar, 2011).

Los grupos de zooplancton más representativos correspondieron a microcrustáceos del Suborden Cladocera y la Subclase Copepoda. La biomasa seca varió relativamente poco y fue más alta en los meses secos (3,52 g/m³) que en los lluviosos (2,15 g/m³). También es de notar que las larvas de Chironomidae fueron las más representativas de las capturas incidentales durante los arrastres de zooplancton (Tabla 3).

Tabla 3. Composición (n/m³) de las capturas de zooplancton y fauna incidental en el reservorio usado para el mantenimiento de alevines de *C. carpio carpio* en jaulas flotantes.

Fecha	Zooplancton			Fauna incidental			Biomasa (g/m ³)
	Cladocea	Copepoda	Chironomidae	Anfipoda	Annelidae	Gastropoda	
09.Sep.09	14,61	9,46		0,002			2,13
07.Oct.09	1,37	26,48		0,002			1,13
16.Dic.09	8,41	3,31	0,05				0,26
13.Ene.10	8,20	6,62	0,05				0,56
03.Feb.10	13,98	7,46		0,002	0,002	0,003	1,59
Total	46,55	53,33	0,11	0,005	0,002	0,003	5,67

Copépodos y cladóceros, junto con el Phylum Rotifera, predominan en aguas continentales lénticas (Gallo, 2009; Ramírez y Viña, 1998). Estos tres taxa se han encontrado en densidades y secuencias de importancia similares en diferentes épocas del año (Aconcha y Suárez, 2005; Londoño y Tovar, 2011, Castañeda y Ochoa, 2012).

En los meses lluviosos (septiembre - octubre) el grupo más abundante fue Copepoda y en los secos (diciembre - febrero) Cladocera. Como es ampliamente conocido, estos cambios causan las mayores variaciones ambientales en las aguas lénticas, llevando al reemplazo permanente de las poblaciones en los procesos de sucesión (Wetzel y Likens, 2000; Roldán y Ramírez, 2008; López, 2009).

Situaciones parecidas se han observado en otros cuerpos lénticos de otro tipo, e.g., humedal Santa María del Lago (Bogotá), donde también los grupos mencionados tuvieron la mayor representación, aunque fluctuante, según la época del año (Pérez, 2009); en la represa El Peñol (Antioquia) (Uribe y Roldán, 1975; Roldán et al., 1984), la ciénaga de Ayapel (Córdoba) (Gallo et al., 2009) y la laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires, Argentina (Colautti y Remes, 2001).

Los macrofitos flotantes también desempeñaron un rol relevante en el reservorio. La cobertura del espejo de agua se dio principalmente por el helecho *Azolla* sp., y en menor grado la lenteja de agua *Lemna* sp. En septiembre y noviembre de 2009 y en enero de 2010 fue total (100%), los demás meses la cobertura fue de 0%, respondiendo a las condiciones meteorológicas, ya que la permanencia de este tipo de vegetación se rige por los cambios climáticos (Ramírez y Viña, 1998; Williams, 2008; Meerhoff y Mazzeo, 2004).

Su presencia masiva generó varias complicaciones, pues se considera que contribuyó a disminuir el O₂ disuelto, la penetración de la luz y, por lo tanto, la productividad primaria, obteniendo valores mínimos de O₂ disuelto (1,24; 0,5 y 1,15 mg/l) en los meses de mayor cobertura (septiembre y noviembre de 2009, y enero de 2010).

En sistemas lénticos someros, como el estudiado, el crecimiento de los macrofitos flotantes puede limitar el desarrollo del fitoplancton, definiendo condiciones físico-químicas de menor calidad, hecho que se intensifica por el poco intercambio de agua, la ínfima re-oxigenación por efecto eólico y la descomposición de la capa vegetal en la superficie (Williams, 2008; Meerhoff y Mazzeo, 2004).

Supervivencia de *C. carpio carpio*

Teniendo en cuenta el número inicial de alevines (390), durante los primeros meses (agosto-octubre de 2009) la supervivencia no se vio afectada en ninguna de las dietas; sin embargo, hacia la primera semana de noviembre de 2009 murió el 59% de los peces de la dieta A (alimento comercial al 10%) y el 13% de la dieta B (alimento comercial *ad libitum*). En los de la dieta C (alimento vivo natural) no hubo mortalidad. Los episodios de mortalidad pudieron deberse, en parte, a la mayor cobertura de macrofitos y acumulación de materia orgánica, originando concentraciones muy bajas de O₂ disuelto; también se presentaron intrusiones de garzas blancas (*Ardea alba*), que alcanzaron a atacar algunos peces desde las tapas de las jaulas.

Crecimiento de *C. carpio carpio*

En el reservorio no hubo diferencias de peso, ni de talla, entre los primeros tres meses (lluvias) y los últimos tres meses del experimento (secos) (Fig. 6).

El peso inicial promedio de todos los alevines fue de 1,01 g; sin embargo, se presentó una variación en las tres dietas, debido a que los peces de más tamaño se alimentan prioritariamente y pasan más rápido a etapas de crecimiento mayores, mientras que los más pequeños comen al último, lo que retrasa su crecimiento (González et al., 2002).

El promedio final más alto (16,16 g) fue para los peces de la dieta con alimento vivo. Aunque su disponibilidad fue la misma para todas las dietas, esto pudo deberse a una mayor ingesta, como lo reportaron

Navarrete et al. (2003) para el cultivo de *C. carpio* en un estanque rural de Juárez (México), donde Elías y Navarrete (1998) ya habían reportado un mayor crecimiento en la temporada lluviosa.

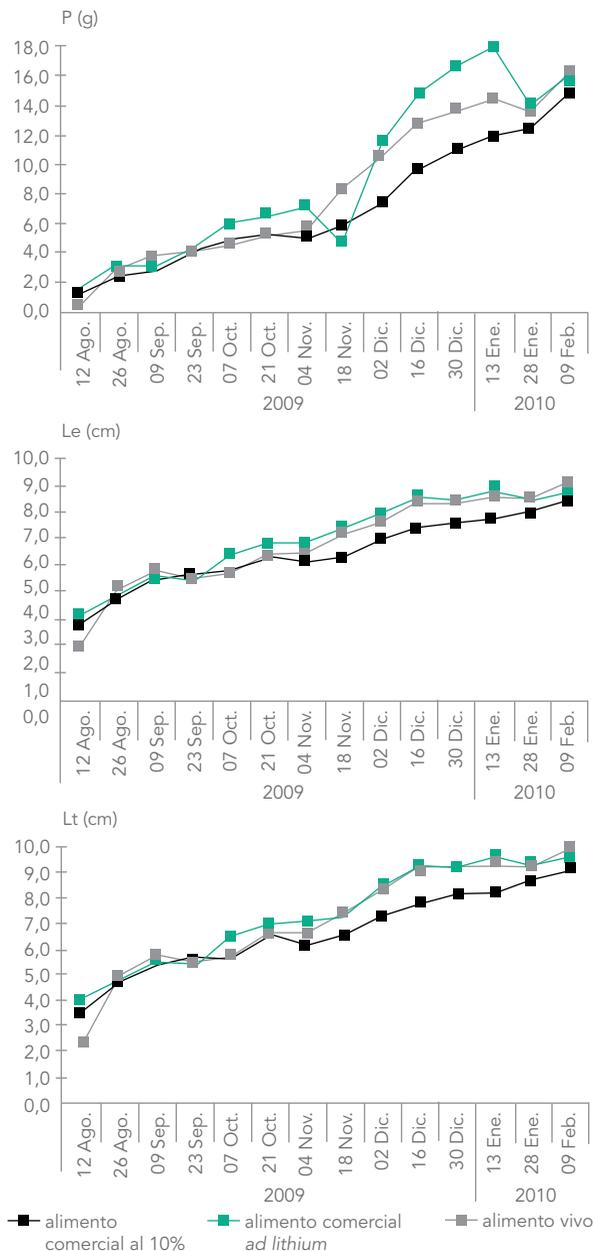


Fig. 6. Curvas de peso (P) (g), Longitud estándar (LE) (cm) y Longitud total (Lt) (cm) de *C. carpio carpio* con las tres dietas durante durante el periodo de evaluación. A. Concentrado 10% del peso, B. Concentrado ad libitum, C. Alimento vivo.

Los promedios de peso y longitud obtenidos en las tres dietas superaron los reportados por González (2005), Aguilar et al. (2006), Argüelles et al. (2008) y Ardilla et al. (2009), tras cuatro meses de estudio (Tabla 4). En todos los casos tuvo mayor impacto el alimento vivo, atribuible a la predilección de los peces por aquel, que además aporta bio-enzimas y ácidos grasos poli-insaturados (Botero, 2004).

Condiciones de laboratorio (Mojarra38)

Variable	González (2005)	Aguilar et al. (2006)	Ardilla et al. (2009)
P	*	8,50	1,08
Le	3,80	5,40	3,06
Lt	4,50	6,72	3,76

Reservorio jaulas flotantes (alimento vivo)

Variable	Aguilar et al. (2006)	Argüelles et al. (2009)	Ardilla et al. (2009)
P	9,00	6,27-22,70	3,93
Le	5,84	5,27-8,22	4,86
Lt	7,19	6,35-10,10	6,06

Presente estudio

Variable	Dieta A	Dieta B	Dieta C
P	9,74	14,89	12,90
Le	6,38	7,54	7,29
Lt	7,78	9,27	9,06

Tabla 4. Promedios finales de Peso (P) (g), Longitud estándar (Le) y Longitud total (Lt) (cm) de *C. carpio carpio* durante cuatro meses, comparados con los cuatro primeros meses del presente estudio. *Dato no registrado.

La dieta C (alimento vivo) generó mayor ganancia en peso y longitud (redundando en una tasa específica de crecimiento más alta), no muy distante de las otras dos en cuanto a peso. Esto fue distinto de lo reportado por Huipe y Bernal (2009), pues el aumento de peso de *C. carpio* sembrada extensivamente en microembalses (Michoacán, México) fue menor, posiblemente debido a la competencia por el alimento del medio, al no tener otro suplementario.

Coto *et al.* (2002) también reportaron crecimiento y reproducción sin inconvenientes para *C. carpio* cultivada extensivamente en Cuba durante dos años, con fines de repoblación. El alimento vivo ejerció más ganancia en la talla y el alimento comercial en el peso, atribuible al aporte de proteína del concentrado (38%), que no es tan balanceado en otros compuestos, como lípidos y carbohidratos, a diferencia del alimento vivo (Botero, 2004). Éste posiblemente complementó la dieta de los ejemplares alimentados con concentrado, ya que los peces lo prefieren y necesitan un alto contenido de proteína en su dieta (30-55%), aunque el porcentaje puede variar, según la especie y la etapa de desarrollo (Vergara *et al.*, 2005).

Los datos de peso y longitud totales se ajustaron más a modelos de tipo potencial en las tres dietas, según el R^2 : concentrado 10% del peso = 0,98, concentrado *ad libitum* = 0,98, alimento vivo = 0,99 (Fig. 7), en comparación con otros modelos como el lineal y el logarítmico ($R^2=0,95$ y $0,96$, respectivamente, en las tres dietas).

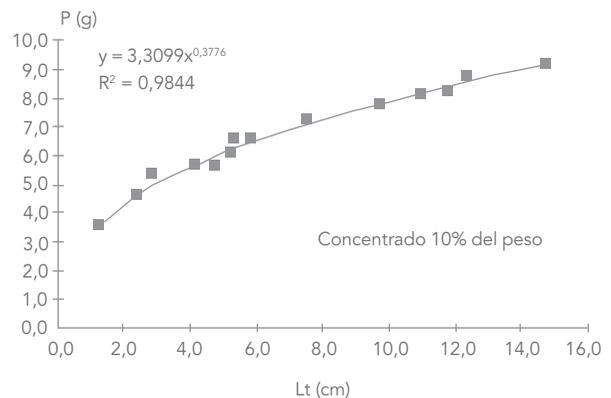
Lo anterior está acorde con lo reportado por Ardila *et al.* (2009) para alevines de *C. carpio carpio* en jaulas flotantes en el mismo reservorio, pues el modelo obtenido también fue potencial, a diferencia del lineal reportado por González (2005), en las mismas condiciones experimentales.

Sin embargo, estos resultados se cotejaron con la ecuación de Von Bertalanffy, pero los R^2 fueron

menores ($A=0,91$, $B=0,92$, $C=0,87$). Dentro de los numerosos modelos matemáticos descritos para la determinación del crecimiento de los peces, el no lineal de Von Bertalanffy figura entre los más aplicados, pero no resulta aplicable en acuicultura, debido a los tamaños de comercialización de muchos peces cultivados, a veces muy alejados de los tamaños adultos, y por no tratarse de un modelo predictivo, sino más bien descriptivo, a partir de registros previos. Es decir, es adecuado para estudiar el crecimiento de las poblaciones naturales, en las que los individuos pueden alcanzar su tamaño adulto (Taylor *et al.*, 2005; He y Bence, 2007; Cerdá, 2009).

Aun así, la ecuación de Von Bertalanffy ha sido muy utilizada con alevines y juveniles de diferentes especies ícticas, e. g. en el crecimiento de juveniles de *Brycon sinuensis* en jaulas flotantes en el departamento del Tolima (Mercado *et al.* 2006), pero no se discutió sobre el particular.

El modelo lineal parece describir también el crecimiento de *C. carpio carpio*, pues Kleanthidis *et al.* (2000) y Andreu *et al.* (2006) lo reportaron ($R^2=0,98$ y $0,99$ respectivamente) para poblaciones del Lago Volvi (Grecia) y el Río Segura (España), con valores de "a" de 0,038 y 0,022, respectivamente, similares a los de las dietas en reservorio ($A=0,045$, $B=0,039$, $C=0,034$).



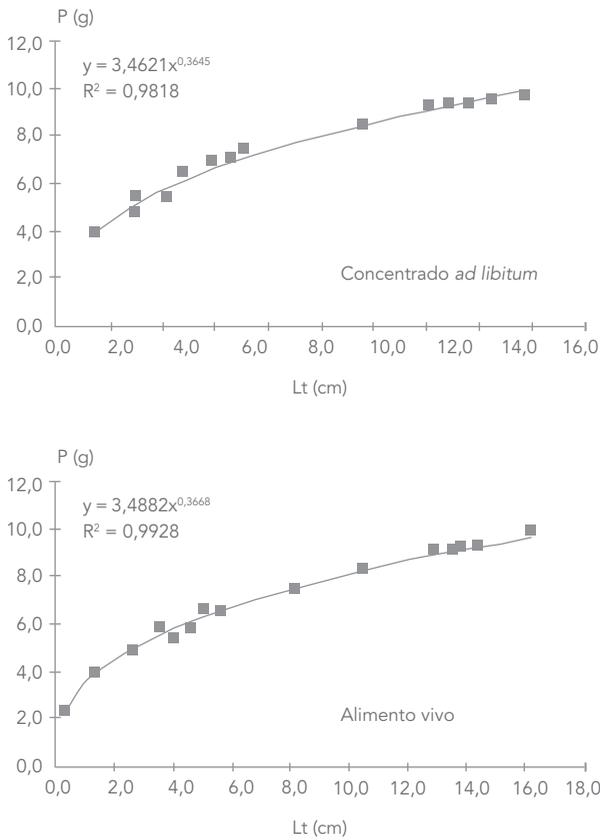


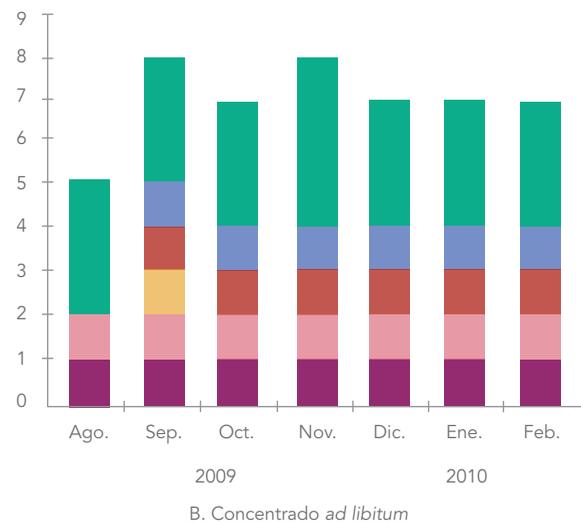
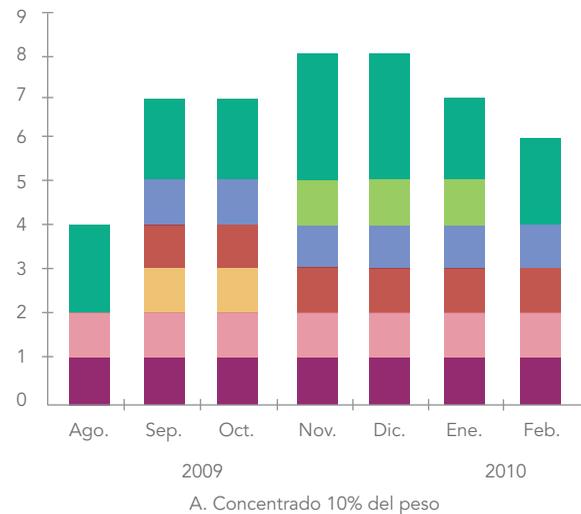
Fig. 7. Relación Peso- Longitud de *C. carpio carpio* con las tres dietas durante el periodo de evaluación.

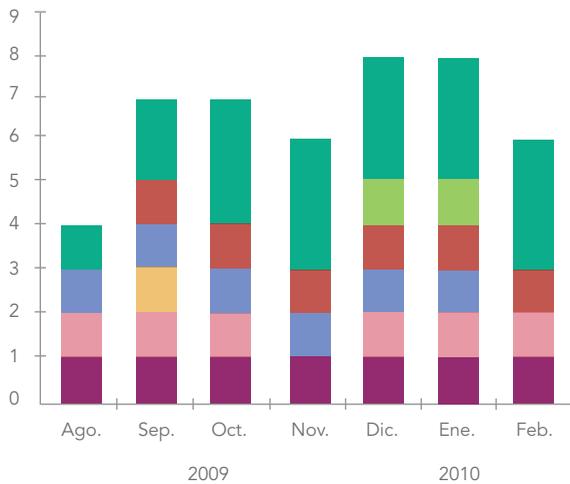
Comparando el presente estudio con cultivos en jaulas de otros peces en Colombia, como el mero guasa (*Epinephelus itajara* Linchtstein 1822) y el pargo palmero (*Lutjanus analis* Cuvier 1828) (aunque son especies marinas y sus juveniles fueron cultivados con un peso inicial mayor), presentaron tasas específicas de crecimiento de 1,40 y 1,06%/día, respectivamente (Botero y Ospina 2002, 2003).

Estos porcentajes fueron superados ampliamente por el de *C. carpio carpio* en el reservorio, donde, con alimentación exclusiva del medio, la tasa específica fue de 2,21 %/día, indicando buenas perspectivas de crecimiento para esta especie en las condiciones del ensayo. Considerando que se evidenció una similitud del incremento diario en peso y longitud de

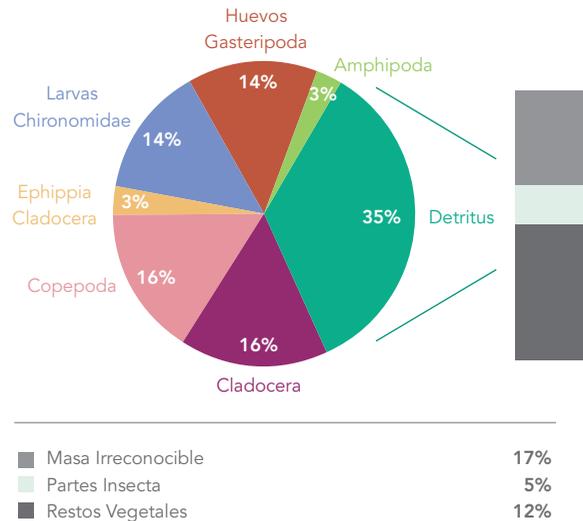
los peces de todas las dietas, una explicación puede ser que *C. carpio carpio*, atendiendo a su omnivoría, pudo complementar el alimento concentrado (38% de proteína) con alimento vivo del medio.

Los principales ítems alimentarios (presas) dentro de las tres dietas fueron: Cladocera (16%), Copepoda (16%) y detritus (35%), en concordancia con la oferta trófica en el medio (Aconcha y Suárez 2005; Londoño y Tovar, 2011), semejante a lo ocurrido con alevines de *O. mykiss* mantenidos en jaulas flotantes en el mismo reservorio (Castañeda y Ochoa, 2012).





C. Alimento vivo



General

Fig. 9. Composición de la dieta general de los alevines de *C. carpio carpio* por mes (presencia=1, ausencia=0) y en general (%) durante el periodo de estudio.

Esta información señala que el reservorio mantiene una oferta trófica adecuada para el posible cultivo de peces en ese cuerpo de agua, donde el alimento vivo tiene un papel muy relevante.

Análisis estadístico

Los datos de peso, longitud estándar y longitud total finales sometidos a la prueba de Ryan-Joiner mostraron una distribución normal, adecuada para aplicar la prueba ANOVA de un factor. Esta no arrojó diferencias significativas entre las tres dietas ($P=0,72$; $0,07$ y $0,13$; peso, longitud estándar y longitud total, en su orden), ni entre las réplicas de cada dieta (A: $P=0,27$, B: $P=0,88$, C: $P=0,14$). Este resultado fue comparado con el programa R y arrojó los mismos valores.

La interpretación de lo anterior fue que el crecimiento no dependió *sensu stricto* del tipo de alimento, sino que pudo obedecer a la frecuencia de alimentación. Por ejemplo, Graeff y Mondardo (2002) y Graeff *et al.* (2002) obtuvieron mayor

crecimiento de alevines de *C. carpio* alimentándolos una vez/día con concentrado a razón de 1-5% del peso, que dos veces/día. En el presente estudio los peces se alimentaron una vez/día, por tratarse de un estudio preliminar de mantenimiento y crecimiento en condiciones básicamente extensivas. Sobre la periodicidad de la alimentación en cultivos de carpa, ICCAE (1995) señala que pueden variar entre 4 y 5 veces/día.

En el reservorio, *C. carpio carpio* pudo comer, no solo en las horas programadas para el suministro del concentrado, sino varias veces durante el resto del día, de forma análoga a *Carassius auratus* (Cyprinidae), especie que sincroniza esta actividad con las variaciones de iluminación (Evans y Claiborne, 2006), lo que tal vez pudo ocurrir con los alevines en el reservorio.

Según las regresiones múltiples realizadas, las variables climáticas no se correlacionaron directamente con el crecimiento de los alevines, en ninguna de las dietas. No obstante, se debe considerar

que los peces son afectados por la temperatura, el foto-periodo, la salinidad y diversas variables, que en el caso de las variaciones térmicas (bajas temperaturas), pueden influenciar el consumo y eficiencia de asimilación del alimento, llegando a disminuir la preferencia por dietas ricas en proteínas, incidiendo en el crecimiento (Evans y Claiborne, 2006).

C. carpio carpio es resistente y tiene un desarrollo favorable, aún bajo condiciones ambientales adversas, donde otros peces difícilmente podrían sobrevivir (Elías y Navarrete, 1998). Se ha señalado que tolera de 2 a 40,6°C (Williams, 2008), por lo que las temperaturas del agua reportadas en el presente trabajo (16,70-20,65°C), parecen no haber sido un factor decisivo en el crecimiento de los alevines. Cabe agregar, que en la noche se han registrado en el reservorio temperaturas de 6,20°C (Aconcha y Suárez, 2005).

Pese a la mencionada resistencia de la carpa, se cree que los menores valores de O₂ disuelto (1,24; 0,50 y 1,15 mg/l), atribuidos, en parte, a la densa cobertura de macrofitos flotantes, pudieron relacionarse con las muertes presentadas, aunque el promedio general (4,85 mg/l) resultó favorable, comparado, por ejemplo, con un promedio de 3,25 mg/l y crecimiento exitoso en jaulas flotantes en un embalse artificial de México (González et al., 2002). En todo caso, por lo expuesto y por los resultados estadísticos (P<0,03 en las tres dietas), el O₂ disuelto pudo ser un factor importante en el desarrollo y supervivencia de los alevines en el reservorio.

No se evidenciaron relaciones con el PO₄³⁻ en ninguna de las dietas (P= 0,18 a 0,80), lo cual pudo deberse a su concentración constante (3,0 mg/l) durante el periodo evaluado, sin causar cambios apreciables en el sistema o efectos en el peso y la talla.

El NO₂⁻ y la temperatura del agua tampoco mostraron alguna influencia, excepto sobre el peso en los especímenes de las dietas A (P=0,02) y B (P=0,04), seguramente por la tolerancia de *C. carpio carpio*

(hasta 1,80 mg/l), al igual que las demás de la familia Cyprinidae, a estas variables (Alcaraz y Espina, 1993). Esto indica que, aunque se obtuvieron niveles máximos de 0,50 mg/l, estos no representaron un riesgo para la supervivencia de los alevines en el reservorio. *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora), por el contrario, es sensible al NO₂⁻, cuando los niveles de cloruro (competidor iónico) son muy bajos (Alcaraz y Espina, 1993).

En el caso del NO₃⁻, se ha reportado que los peces empiezan a morir cuando los niveles alcanzan 90,0 mg/l (Abarca, 2005), lo cual no fue el caso durante el ensayo; sin embargo, a nivel estadístico mostró ser influyente en todas las dietas.

Los valores bajos de NH₄⁺ (0-1,0 mg/l, promedio 0,60 mg/l) podrían indicar una carga constante pero inocua de desechos orgánicos, que no impactó la integridad de los alevines, pues esas concentraciones no son tóxicas para los peces (Evans y Claiborne, 2006), aunque para el cultivo de *C. carpio carpio* su concentración debe ser <0,30 mg/l (Graeff y Mondardo, 2002; Graeff et al., 2002). Los resultados estadísticos sobre este compuesto fueron ambiguos en las tres dietas.

Teniendo en cuenta las variables físico-químicas, climáticas y su correlación con el peso y la longitud de los alevines, en general, se pudo determinar que las de mayor influencia en el crecimiento fueron: pH, O₂ disuelto, NO₃⁻, dureza -el reservorio presentó aguas blandas (35,63 y 71,27 mg/l (MERCK 2009)- y sales disueltas. De forma análoga, Elías y Navarrete (1998), observaron que, en época seca, la dureza y la conductividad afectaron el pH influenciando el crecimiento de *C. carpio*, en un estanque rural de México.

En relación con las variables climáticas consideradas (temperatura, precipitación y humedad relativa), es muy factible que hubieran desempeñado un papel indirecto preponderante en el crecimiento de *Cyprinus carpio carpio* durante el periodo considerado,

como se ha reportado para las comunidades de peces, incluyendo los de la familia Cyprinidae (Elías y Navarrete, 1998; Coto *et al.*, 2002; Navarrete *et al.* 2003), pero no fue evidente, incluso bajo los meses El Niño, tal vez porque su manifestación no fue tan fuerte en el área de estudio.

CONCLUSIONES

El alimento vivo favoreció en mayor medida el crecimiento de los alevines, el cual estuvo mejor expresado por curvas de tipo potencial en las tres dietas.

El espectro trófico de los alevinos de *C. carpio carpio* contribuyó a describir la presencia de organismos disponibles en el medio, en especial detritus, cladóceros y copépodos.

El reservorio mostró las condiciones mínimas para el mantenimiento de *Cyprinus carpio carpio*, evidenciándose, en general, una tendencia a la eutrofia y contaminación moderada, aunque el ensayo se realizó durante un evento El Niño, cuya manifestación no fue tan fuerte en el área de estudio.

La supervivencia y la tasa específica de crecimiento de *C. carpio carpio*, así como su tolerancia a las condiciones físico-químicas del reservorio durante los seis meses de estudio, indicaron que esta especie es adecuada para implementar ensayos de cultivo extensivos (donde depende del alimento natural) y semi-extensivos (con aplicación de fertilizantes o sub productos agropecuarios) en ese ecosistema.

El alimento vivo favoreció el crecimiento de los alevines y estuvo mejor expresado por curvas de tipo potencial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca F J. 2005. Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. Arizona Game and Fish Department. Unites States of América, Phoenix, 123-128.
2. Aconcha I y Suárez JP. 2005. Variación nictime-ral zooplanctónica superficial y su relación con algunas variables fisicoquímicas en un cuerpo léntico de la Estación Experimental Río Grande de la Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá - Cundinamarca. Proyecto Iniciación Científica, Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C., 25 p.
3. Aguilar C, Bajonero J, Blanco L y Gómez J. 2006. Comparación de dos tipos de dieta en carpa común *Cyprinus carpio carpio* (Pisces) cultivada en laboratorio y en un reservorio artificial. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C. Informe final Biología Acuática, 21 p.
4. Aguilar FA. 2010. Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus var. chitralada*)" alimentadas con dietas peletizadas o extruidas. Tesis M. Producción Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C., 135 p.
5. Alcaraz G y Espina S.1993. Efecto de la temperatura y del cloruro sobre la toxicidad del nitrito en la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* (Pisces, Cyprinidae). Revista Internacional de Contaminación y Ambiente, 9 (1): 21-28.
6. Andreu A, Oliva F J y Torralva M. 2006. A review of length-weight relationships of fish from Segura River basin (SE Iberian Peninsula). Journal of Applied Ichthyology, 22: 295-296.
7. Ardila J, Ballesteros D y Quintero M. 2009. Estudio comparativo de dos tipos comerciales de alimento concentrado e influencia del tamaño de hábitat en carpa común (*Cyprinus carpio carpio*) bajo condiciones de cautiverio. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C. Informe final Acuicultura, 28 p.
8. Argüelles A, Contreras N, Hernández C, Mejía Y, Molina A, Pérez M y Sabogal D. 2008. Seguimiento del desarrollo de la carpa común (*Cyprinus carpio carpio*) cultivada en jaulas en un reservorio de la Estación Experimental de la Universidad Militar Nueva Granada en Cajicá. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C. Informe final Biología Acuática, 20 p.
9. AVMA. 2007. Guidelines on Euthanasia. American Veterinary Medical Association. Schaumburg, 36 p.
10. Botero J y Ospina JF. 2002. Crecimiento de juveniles de pargo palmero *Lutjanus analis* (Cuvier) en jaulas flotantes en islas del rosario, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 31: 205-217.

11. Botero J y Ospina JF. 2003. Crecimiento y desempeño general de juveniles silvestres de mero guasa *Epinephelus itajara* (Liechtenstein) mantenidos en jaulas flotantes bajo diferentes condiciones de cultivo. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 32: 25-36.
12. Botero AM. 2004. Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura de alimento. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 17(1):63-75.
13. Botero AM, Ochoa SJ, Jiménez HA y Uribe VJ. 2006. Disminución de la reproducción, el crecimiento y la sobrevivencia de peces, debido a una alteración en la cantidad y la calidad de agua: reporte de caso. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 19 (2): 228-232.
14. Brusca RC y Brusca GJ. 2003. Invertebrates. 2da. Ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland, 895 p.
15. Camargo JA y Alonso A. 2007. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. Ecosistemas, 2: 1-13.
16. Castañeda JS y Ochoa NJ. 2012. Ensayo de mantenimiento de alevines de *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) en acuarios y jaulas flotantes. Trabajo de Grado Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C., 80 p.
17. Cerdá MJ. 2009. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. Revista Acuática, 9: 1-17.
18. CB. 2010. Informe de auditoría gubernamental con enfoque integral modalidad especial transversal al manejo, control, seguimiento y protección de los parques ecológicos de humedal de la zona norte de Bogotá D. C. Contraloría de Bogotá, Bogotá D. C., 89 p.
19. Colautti DC y Remes M. 2001. Alimentación de la carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758) en la Laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Ecología Austral, 11(2): 69-78.
20. Coto M, Salazar O, Arboleya Z y Ros RM. 2002. Contribución al estudio de la carpa común (*Cyprinus carpio*), en condiciones naturales. Ministerio de la Industria Pesquera. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA-2002, La Habana, 529-533.
21. Cochrane K, De Young C, Soto D y Bahri T. (Eds.). 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture: Overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 530: 1-212.
22. Elías G y Navarrete NA. 1998. Crecimiento y producción de carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) durante la época de sequía y lluvias en un bordo del estado de México, México. Hidrobiológica, 8 (2): 117-123.
23. Evans DH y Claiborne JB. (Eds.). 2006. The physiology of fishes. 3ra. Ed. CRC Press. Boca Raton, 601 p.

24. FAO. 2003. Agro-acuicultura integrada: manual básico. Documento Técnico de Pesca No. 407. Roma, 159 p.
25. FAO. 2009. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. 2008. Departamento de Pesca y Acuicultura FAO, Roma, 218 p.
26. Fishbase.org. <http://www.fishbase.org/>. Consultada el 20 de agosto de 2012.
27. Gallo LJ, Aguirre NJ, Palacio JA y Ramírez JJ. 2009. Zooplankton (Rotifera y Microcrustacea) y su relación con los cambios del nivel del agua en la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 31(2): 339-353.
28. González J, Ocampo A y Tolentino V. 2002. Evaluación del crecimiento de carpa común (*Cyprinus carpio* var. *communis*) alimentada con cerdaza ensilada. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 33(2):109-118.
29. González S. 2005. Cultivo de carpa roja *Cyprinus carpio* en jaulas y bajo condiciones semi-controladas de laboratorio. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, D. C. Proyecto de Iniciación Científica PIC, 25 p.
30. Graeff A y Mondardo M. 2002. Variação percentual e frequência de alimento fornecido no desenvolvimento final de carpas común (*Cyprinus carpio*) em fase de alevino. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA, Estacao Experimental de Cacador. Unidade de Piscicultura, Cacador SC Brasil. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA-2002, 38-44.
31. Graeff A, Mondardo M, Nazareno E y Pruner EN. 2002. Desempenho productivo de carpas común (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) com dietas contendo promotores de crescimento. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina SA, Estacao Experimental de Cacador. Unidade de Piscicultura, Cacador SC Brasil. I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA-2002, 45-51.
32. He JX y Bence JR. 2007. Modeling annual growth variation using a hierarchical bayesian Approach and the von Bertalanffy growth function, with application to lake trout in southern Lake Huron. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136: 318-330.
33. Huipe AB y Bernal FW. 2009. Manejo de microembalses para el cultivo extensivo de carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) en la región de Zacapu, Michoacán México. *Hydrobiológica*, 19(2): 129-139.
34. ICCAE. 1995. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. El Cultivo de peces en jaulas. International Center of Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, 12 p.
35. IDEAM. 2009a. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño", septiembre de 2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales, Bogotá D. C., (2): 1-6.
36. IDEAM. 2009b. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño", octubre de 2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C., (4): 1-6.

37. IDEAM. 2009c. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño", diciembre de 2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C., (6): 1-6.
38. IDEAM. 2010a. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño", enero de 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C., (7): 1-6.
39. IDEAM. 2010b. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de "El Niño", febrero de 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C., (9): 1-6.
40. Kleanthidis PK, Sinis AK y Stergrou KI. 2000. Length-weight relationships of Hellenic freshwater fishes. *Naga*, 22(4): 37-41.
41. Londoño C & Tovar D. 2011. Determinación del estado trófico y evaluación del perfil físico-químico del reservorio noroccidental de la UMNG, Sede Cajicá. Informe final Acuacultura. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, 9 p.
42. López RH. 2009. Guía abreviada para la evaluación de zooplancton de sistemas lénticos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 5(1): 204-217.
43. López RH. 2012. Estado Trófico de un Humedal Urbano Andino Tropical: Santa María del Lago, Bogotá, D. C. Colombia. *Periódicas S.A.S*, Bogotá, 202 p.
44. Meerhoff M y Mazzeo N. 2004. Importancia de las plantas flotantes libres de gran porte en la conservación y rehabilitación de lagos someros de Sudamérica. *Ecosistemas*, 13 (2): 13-22.
45. Mercado I, García J, Rosado R, Olaya C, Segura F, Brú S y Tordecilla G. 2006. Cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl 1995) en jaulas flotantes a diferentes niveles de proteína. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19(2): 204-211.
46. MERCK. 2009. Aquamerck compact laboratory for water testing. Merck KGaA, Darmstadt, 21p.
47. Navarrete SNA, Peña F y Elias G. 2003. Crecimiento de la carpa común (*Cyprinus carpio*) cultivada en un estanque rural de México, con y sin fertilización. *Revista de Zoología*, 14: 1-15.
48. Navarrete SNA, Fernández E, Contreras RG, Rojas BML y Sánchez MR. 2004. Piscicultura y ecología en estanques dulceacuícolas. Ed. AGT, S. A. México, D.F., 180 p.
49. Pérez MJ. 2009. Estructura de la comunidad zooplanctónica en un humedal urbano andino neotropical por un periodo de siete meses. Trabajo de Grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Programa de Biología Aplicada. Bogotá D. C., 115 p.
50. Pineda R. 1999. Elaboración y evaluación de dietas a partir de harinas de barrilete (*Euthynus linneatus*) y rasposa (*Haemulon maculiconda*) como alimento de bagre (*Ictalurus*

- punctatus*) en condiciones de laboratorio. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México, 61 p.
51. Ramírez A y Viña G. 1998. Limnología Colombiana. Ed. Panamericana. Bogotá, 292 p.
 52. Ramírez A. 2006. Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Ed. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 273 p.
 53. Roldán G, Correa M, Machado T, Ramírez JT, Velásquez LF y Zuluaga F. 1984. Estudio limnológico de la represa El Peñol. *Actividades Biológicas*, 13(50): 95-105.
 54. Roldán G y Ramírez JJ. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Ed. Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente de Antioquia y Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Medellín, 440 p.
 55. Stickney R. 2000. *Encyclopedia of Aquaculture*. 3ra. Ed. Wiley-Interscience. Texas Sea Grant College Program. Bryan, 1043 p.
 56. Taylor NG, Walters CJ, Martell SJD. 2005. A new likelihood for simultaneously estimating von Bertalanffy growth parameters, gear selectivity, and natural and fishing mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(1): 215-223.
 57. Triola MF. 2000. *Estadística elemental*. Addison Wesley Longman, México, 824 p.
 58. Uribe A y Roldán G. 1975. Estudio comparativo de algunas características fisicoquímicas y biología del embalse de El Peñol (Nare). *Actualidades Biológicas*, 4(11): 2-12.
 59. Vergara JM, Haroun R, González MN, Molina L, Briz MO, Boyra A, Gutiérrez L y Ballesta A. (Eds.). 2005. Evaluación del impacto ambiental de acuicultura en jaulas en Canarias. *Oceanografía Telde*, 110 p.
 60. Wetzel G y Likens GE. 2000. *Limnological analysis*. 3ra. Ed. Springer-Verlag. Nueva York, 429 p.
 61. Williams PE. 2008. Evaluation of a common carp (*Cyprinus carpio* L.). Exclusion and trapping devise for use in aquatic plant founder colony establishment. Tesis M. Sc. (Environmental Sciences). University of North Texas, Denton, 50 p.
 62. ZAR JH. 1999. *Biostatistical analysis*. 4a Ed. Prentice Hall. Nueva Jersey, 663 p.