

**ENSAYO DE MANTENIMIENTO DE ALEVINES DE *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum,  
1792) (PISCES: SALMONIDAE) EN ACUARIOS Y JAULAS FLOTANTES**

**JENNY STEPHANY CASTAÑEDA VALENCIA  
&  
NATHALIE JIMENA OCHOA ARGUELLO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA  
CAMPUS NUEVA GRANADA, CAJICÁ**

**2012**

**ENSAYO DE MANTENIMIENTO DE ALEVINES DE *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum,  
1792) (PISCES: SALMONIDAE) EN ACUARIOS Y JAULAS FLOTANTES**

**JENNY STEPHANY CASTAÑEDA VALENCIA  
&  
NATHALIE JIMENA OCHOA ARGUELLO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Biólogo**

**Director  
RAÚL HERNANDO LÓPEZ PERALTA  
Biólogo Marino, *Dr. rer. nat.***

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA  
CAMPUS NUEVA GRANADA, CAJICÁ**

**2012**

## CONTENIDO

	Pagina
RESUMEN	6
AGRADECIMIENTOS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	10
1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	13
1.1 Ubicación taxonómica de <i>O. mykiss</i>	
1.2 Distribución de <i>O. mykiss</i>	
1.3 Hábitat de <i>O. mykiss</i>	
1.4 Descripción general de <i>O. mykiss</i>	
1.5 Alimentación y nutrición de <i>O. mykiss</i>	
1.6 Canibalismo en <i>O. mykiss</i>	
1.7 Características generales del cultivo de <i>O. mykiss</i>	
1.7.1 Jaulas flotantes	
1.7.2 Acuarios	
1.7.3 Variables fisicoquímicas	
1.7.4 Densidades de cultivo	
2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos Específicos	
3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1 Hipótesis fase reservorio	
3.2 Hipótesis fase laboratorio	
4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1 Reservorio-jaulas	24
4.1.1 Descripción del área de estudio	
4.1.2 Diseño experimental para evaluar el crecimiento de <i>O. mykiss</i> en las jaulas	
4.1.3 Registro de las variables fisicoquímicas y ambientales	

4.1.4	Determinación del tamaño y el peso	
4.1.5	Análisis del tracto digestivo	
4.2	Laboratorio-acuarios	30
4.2.1	Diseño experimental para evaluar el crecimiento de <i>O. mykiss</i> en acuarios	
4.2.2	Registro de las variables fisicoquímicas en los acuarios	
4.3	Análisis de la información	31
4.3.1	Evaluación del crecimiento de los alevines de <i>O. mykiss</i> en las jaulas y en los acuarios	
4.3.2	Evaluación de la supervivencia y el canibalismo	
4.3.3	Evaluación del contenido de los tractos digestivos	
4.3.4	Evaluación de la influencia de las variables abióticas sobre el crecimiento de <i>O. mykiss</i>	
4.3.4.1	Fase reservorio	
4.3.4.2	Fase laboratorio	
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1	Aspectos climáticos en el campus UMNG	34
5.2	Aspectos limnológicos del reservorio	35
5.2.1	pH superficial	
5.2.2	Temperatura superficial	
5.2.3	O <sub>2</sub> disuelto superficial	
5.2.4	Compuestos nitrogenados superficiales	
5.3	Fase reservorio	38
5.3.1	Supervivencia de los alevines <i>O. mykiss</i>	
5.3.2	Crecimiento de alevines de <i>O. mykiss</i> durante el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).	
5.3.3	Composición del alimento de los alevines <i>O. mykiss</i> .	
5.4	Fase laboratorio	45
5.4.1	Supervivencia	
5.4.2	Modelos del peso vs. Longitud	
5.4.3	Relación peso vs. Longitud estándar	

5.4.4 Relación entre las variables fisicoquímicas y el crecimiento

5.4.5 Aspectos nutricionales

5.4.6 Canibalismo

6. CONCLUSIONES	57
6.1 Fase reservorio	
6.2 Fase laboratorio	
7. RECOMENDACIONES	58
8. BIBLIOGRAFÍA	59
9. INFOGRAFIA	68
10. ANEXOS	70

## RESUMEN

Con el fin de evaluar el crecimiento de alevines de trucha arcoíris (*O. mykiss*), en una primera fase se consideraron los periodos 12.Ago-01.Sep.11 y 27.Sep-08.Oct.11 y jaulas flotantes (50 alevines/jaula) ubicadas en un reservorio rural en Cajicá-Cundinamarca. Se suministraron dos dietas: Truchina 45% + alimento vivo (T+AV) y alimento vivo (AV). La segunda fase (19. Ene- 19. May.12) consistió en la evaluación, en laboratorio, de dos densidades diferentes en tres acuarios, uno con densidad óptima (120 peces) y dos con densidad alta (266 peces en cada uno). En ambas fases se registraron algunas variables abióticas. En el caso de las jaulas ocurrieron mortalidades masivas en ambos periodos, la primera debido a la contaminación del agua con glifosato y la segunda por el exceso de lluvias y una granizada ocasionada por el evento La Niña imperante. El examen de los tractos digestivos de 400 alevines muertos, reveló mayor cantidad de detritus y crustáceos (cladóceros, copépodos y anfípodos), con mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia, gravimetría e índice de importancia relativa de estos ítems. También hubo un crecimiento importante, más alto en los alevines alimentados con T+AV, como se esperaba, sobre todo en el segundo periodo, posiblemente por el aumento de alimento en el medio, sugiriendo buenas condiciones del agua para mantener los alevines. El predominio de modelos polinómicos en los alevines de los acuarios, indicaron que las densidades no afectaron su crecimiento y que la cantidad de alimento y proteína suministrada fue adecuada, sin presentarse muerte por canibalismo; aún así, el número de alevines tuvo alguna influencia, sugerida por el crecimiento alométrico en los acuarios con mayores densidades. La poca influencia de las densidades se validó con los factores de condición y conversión alimenticia. La mayoría de variables físico-químicas tuvieron rangos tolerables para *O. mykiss*, aunque el pH y los compuestos nitrogenados presentaron el mayor rango de variación, tuvieron una mayor asociación con el crecimiento de los alevines. En la supervivencia posiblemente influyó el estrés ácido que padecieron los individuos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas de una manera satisfactoria, A nuestro director, el Profesor Dr. Raúl Hernando López Peralta, por el inmenso apoyo que nos brindó a lo largo del trabajo, al Laboratorio de Hidrobiología, al Profesor Dr. Juan José Filgueira y al Laboratorio de Biotecnología Vegetal, por toda la colaboración que nos brindaron. A la Universidad Militar Nueva Granada y la Facultad de Ciencias Básicas; también agradecemos a nuestros compañeros que nos acompañaron y apoyaron en todo el proceso.

Nathalie & Jenny

Agradezco infinitamente a mis papás y hermano por apoyarme durante todo el desarrollo de este trabajo involucrándose y ayudándome en cada momento posible.

Jenny

Agradezco a mis papas, hermanos y a mi novio Nicolás Ortiz por su inmensa colaboración durante este proceso.

Nathalie

## LISTA DE FIGURAS

	Pagina
<b>Fig. 1.</b> Distribución mundial <i>O. mykiss</i> .	14
<b>Fig. 2.</b> Aspecto general de un alevín de <i>O. mykiss</i> .	15
<b>Fig. 3.</b> Ubicación del municipio de Cajicá y del reservorio en el campus UMNG.	24
<b>Fig. 4.</b> Jaulas empleadas en el reservorio para el mantenimiento de los alevines de <i>O. mykiss</i> .	25
<b>Fig. 5.</b> Montaje y distribución de las jaulas en el reservorio.	26
<b>Fig. 6.</b> Distribución de las jaulas en el reservorio en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).	27
<b>Fig. 7.</b> Puntos de medición de las variables fisicoquímicas.	28
<b>Fig. 8.</b> Esquema de la línea de corte en las disecciones de los alevines de <i>O. mykiss</i> .	29
<b>Fig. 9.</b> Montaje para la evaluación del crecimiento de <i>O. mykiss</i> en los acuarios.	30
<b>Fig. 10.</b> Precipitación media diaria (mm) y temperatura media diaria (°C) registradas en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodos (27.Sep-08.Oct.11).	34
<b>Fig. 11.</b> Longitudes total y estándar (cm) y peso promedio (g) de los alevines de <i>O. mykiss</i> en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).	39
<b>Fig.12.</b> Composición (%) de las dos dietas de los alevines de <i>O. mykiss</i> en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).	43
<b>Fig. 13.</b> Algunos componentes del contenido del tracto digestivo de los alevines de <i>O. mykiss</i> .	44
<b>Fig. 14.</b> Mortalidad (n) de los alevines de <i>O. mykiss</i> durante el ensayo en los tres acuarios en 2012.	45
<b>Fig. 15.</b> Modelos de peso (g) vs. Longitudes estándar y total (cm) de <i>O.mykiss</i> en los acuarios.	47
<b>Fig. 16.</b> Relación entre el peso (g) y la longitud estándar (cm) de <i>O. mykiss</i> en los acuarios.	49
<b>Fig. 17.</b> Variación de las variables físico-químicas durante el ensayo con alevines de <i>O.mykiss</i> en los tres acuarios	52
<b>Fig. 18.</b> ACP aplicado a las variables físico-químicas y de crecimiento de los alevines de <i>O. mykiss</i> en los tres acuarios.	53
<b>Fig. 19.</b> Factor de condición (K), factor de conversión alimenticia (FCA) y consumo aparente de alimento diarios (CAAD) (%) en los alevines de <i>O. mykiss</i> en los tres acuarios.	55
<b>Fig. 20.</b> Canibalismo parcial en alevines de <i>O. mykiss</i> mantenidos en los acuarios de alta densidad.	56



## LISTA DE TABLAS

	Pagina
<b>Tabla 1.</b> Principales especies acuáticas producidas a nivel mundial y posición de <i>O. mykiss</i> .	11
<b>Tabla 2.</b> Requerimientos nutricionales de <i>O. mykiss</i> .	15
<b>Tabla 3.</b> Criterios de clasificación del canibalismo.	16
<b>Tabla 4.</b> Ventajas y desventajas de los cultivos en jaulas flotantes.	17
<b>Tabla 5.</b> Variables físico-químicas en truchicultura.	19
<b>Tabla 6.</b> Densidades para el levante de <i>O. mykiss</i> en estanques.	20
<b>Tabla 7.</b> Densidades para el levante de <i>O. mykiss</i> en jaulas flotantes.	20
<b>Tabla 8.</b> Grupos considerados en el análisis del tracto digestivo de los alevines de <i>O. mykiss</i> .	29
<b>Tabla 9.</b> Variables productivas para evaluar el crecimiento de los alevines de <i>O. mykiss</i> .	31
<b>Tabla 10.</b> Métodos para evaluar el espectro trófico de los alevines de <i>O. mykiss</i> mantenidos en el reservorio.	32
<b>Tabla 11.</b> Pruebas estadísticas empleadas para analizar el desarrollo de los alevines de <i>O. mykiss</i> en los tres acuarios	33
<b>Tabla 12.</b> Registro de las variables físico-químicas a 10 cm de superficie del reservorio al inicio y final del primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).	35
<b>Tabla 13.</b> Atributos de crecimiento de los alevines de <i>O. mykiss</i> en el reservorio con las dos dietas.	40
<b>Tabla 14.</b> Frecuencia de Ocurrencia (FO), Frecuencia Numérica (FN), Gravimetría (G) e Índice de Importancia Relativa (IIR) de los grupos encontrados en el tracto digestivo de <i>O. mykiss</i> .	44

## INTRODUCCIÓN

Mantener organismos acuáticos en cautiverio, aún en sus ambientes naturales (por ejemplo en jaulas o corrales), puede ser fácil o una tarea muy difícil, dependiendo de múltiples factores, *e. g.*: tipo de organismos, tamaño, distribución en la columna o masa de agua, sistema acuático, adaptaciones fisiológicas, condición relativa, respuesta al estrés, pruebas que deseen efectuarse y recintos de mantenimiento al aire libre o en laboratorio (Arboleda 2006, Zavala & Ruiz 1993). Debido a su ubicación en la trama trófica y por ser fuente de alimento humano, los peces figuran dentro de los organismos de prueba más apropiados para ensayos de ecotoxicología; además, son utilizados en estudios histológicos, patológicos, ontogénicos (huevos, larvas, alevines y juveniles), así como de crecimiento (talla-peso), reproducción, nutrición y cambios de conducta (Salas & Martino 2001).

Estos enfoques son muy importantes y bastante empleados en la acuicultura, y muestran su asociación estrecha con la biología, siendo la fisiología, la etología, la genética, la ecología, la patología y la biotecnología sus ramas más directamente implicadas en la producción acuícola, relacionada también con otras disciplinas, como la ingeniería y la economía (FAO 2003). De hecho, una de las diferentes definiciones de la acuicultura hace referencia directa a la producción comercial de peces (piscicultura), moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, lo cual implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la rentabilidad, manipulando la siembra, la alimentación y la protección frente a depredadores (Bocek 2007).

El origen de la acuicultura se remonta a la antigua China, Egipto, Babilonia, Grecia, Roma y otras culturas Euroasiáticas. En el año 3.500 a. c., en la antigua China ya se cultivaba la carpa (*Cyprinus carpio*) y lisa (*Mugil cephalus*); entre los griegos y los romanos existen numerosas referencias de cultivos de ostras (Ostreidae) (White *et al.*, 2006).

La acuicultura es relevante por ser uno de los sectores alimentarios con los más altos niveles de producción (hasta 39,4 millones t/año) (FAO 2000), a partir de aguas marinas (47,5%), dulces (46,2%) y salobres (6,3%); además, contribuye a mitigar la sobrepesca, que ha llegado a 95 millones t/año, con un alto impacto negativo en los ecosistemas acuáticos (Elvira & Almodóvar 2007). En 2008 se cultivaron 483 especies, entre las que se cuentan peces (49,5%), vegetales (23,1%), moluscos (19,2%), crustáceos (7,3%), anfibios y reptiles (0,5%) y otros (0,4%). Los principales productores acuícolas (más del 88% mundial) se ubican en Asia. El cultivo de *O. mykiss*

se inició en 1900 en el norte de Europa y se ha extendido a más de 60 países, ocupando el puesto 32 dentro de las especies acuáticas más importantes, en general (Tabla 1) (ESACUA 2010).

**Tabla 1.** Principales especies acuáticas producidas a nivel mundial y posición de *O. mykiss* (Modificado de ESACUA 2010).

País	Toneladas anuales	Especie	Nombre común	Toneladas anuales
China	42.669.744	<i>Laminaria japonica</i>	Laminaria japonesa	4.746.078
Indonesia	3.854.844	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Carpa plateada	3.782.281
India	3.478.692	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Carpa herbívora	3.775.267
Vietnam	2.407.698	<i>Crassostrea gigas</i>	Ostra japonesa	3.385.382
Filipinas	2.407.400	<i>Ruditapes philippinarum</i>	Almeja japonesa	3.141.851
Corea	1.394.818	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	2.987.433
Tailandia	1.374.024	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo	2.334.432
Japón	1.187.774	<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpa cabezona	2.321.513
Bangladesh	1.005.542	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Langostino blanco	2.259.183
Chile	870.845	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	576.289

Los principales países productores de *O. mykiss* son: Chile (19%), Noruega (12%), Francia (7%), Turquía (7%), Italia (6,8%) y España (6%). El mayor importador es Japón con un 38% del comercio internacional (CENTRUM 2006). También se han desarrollado pesquerías en zonas altiplánicas de varios países tropicales y sub-tropicales de Asia, este de África y Suramérica, donde se han obtenido alevines de diferentes linajes para mejorar la especie con fines comerciales. En diferentes países se Suramérica se han hecho repoblamientos de numerosos ríos con alevines (FAO 2012a).

En Colombia *O. mykiss* se introdujo en 1939, con el fin de poblar ríos, quebradas y lagunas andinas, inicialmente en el lago Tota (Boyacá) y en el embalse Neusa (Cundinamarca) (Brenner & Referat 1994). Desde entonces se han creado alrededor de 87 granjas dedicadas a la truchicultura, llevando a la especie a ocupar el cuarto reglón de importancia en acuicultura comercial. En conjunto con el híbrido de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) (32%), la cachama (*Piaractus brachypomus.*) (24%) y el camarón (*Litopenaeus vannamei*), representan el 96% de la producción anual de Colombia, del cual 14% corresponde a *O. mykiss*; aunque su producción es relevante mediante los procedimientos tradicionales, aún es insuficiente para satisfacer la demanda nacional e internacional. Los principales departamentos productores de trucha son: Antioquia (40%), Cundinamarca (33%), Tolima (10%), Huila (6%), Santander (6%), Boyacá (3%, jaulas flotantes, laguna Tota), Valle del Cauca (2%) y Meta (0,24%) (Pineda *et al.* 2004, MINAGRICULTURA 2009).

Recientemente en Antioquia se han analizado las posibilidades de investigación evaluando las cadenas productivas, con base en los estándares internacionales de producción (Betancur *et al.*, 2010). En Cundinamarca, sólo se conoce un experimento preliminar, anterior al actual, llevado a cabo en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada (Campus UMNG) (Cajicá, Cundinamarca) por Montaña (2009), quien empleó sistemas de recirculación para evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de alevines de *O. mykiss*. Cabe mencionar que en el mismo reservorio del presente estudio, Laverde (2010) probó el sistema de jaulas flotantes para el crecimiento de alevines de carpa común (*C. carpio carpio*).

Como contribución en la búsqueda de mejorar la producción *O. mykiss* en Colombia, Pineda *et al.* (2004), presentaron los conceptos biológicos básicos y los elementos técnicos para obtener un alto porcentaje de triploides, ya que la biotecnología proporciona las mejores ventajas en crecimiento y manejo, debido al efecto de esterilidad producido por la poliploidía, a través de la manipulación cromosómica mediante choque térmico.

Los sistemas de producción de *O. mykiss* a nivel mundial se desarrollan generalmente mediante sistemas de flujo continuo (Raceways), teniendo como desventaja el alto costo, debido a que se necesita bombear grandes volúmenes de agua; *e. g.* para 30 k de *O. mykiss* se necesita un caudal de 25 l/s (Trzebiatowki *et al.* 2003, Sánchez 2010, FAO 2012a). La creciente escasez mundial del recurso hídrico obliga a la acuicultura actual a su uso eficiente y racional (PNUMA 2007), de manera que deben buscarse alternativas que representen un ahorro significativo en el recurso hídrico para el mantenimiento de los alevines y la cadena de producción subsiguiente.

Una opción es desarrollar cultivos en jaulas flotantes; una ventaja es que el medio ofrece alimento vivo y así se pueden disminuir los costos de producción, pues se puede tener un porcentaje de proteína adecuado y se mejoran las posibles deficiencias en la frecuencia de alimentación (Wurman 2000, Morales 2004). En Suramérica se destaca este tipo de producción con *O. mykiss* en Brasil y Perú; en éste último, las exportaciones de los producidos en jaulas ascienden a 7.365 t/año (Betancur *et al.* 2010).

Una alternativa en las primeras fases del crecimiento es el mantenimiento de *O. mykiss* en acuarios por un tiempo, desde alevines, incluso hasta juveniles, lo cual permite controlar las variables físico-

químicas con facilidad; por ejemplo, en evaluaciones de toxicidad (Reid *et al.* 1991, Eldar & Ghittino 1999, Vidal *et al.* 2005, Lennquist *et al.* 2008), crecimiento y dietas (Alvarado 1997a, 1997b, Mehrabi *et al.* 2011, Hualde *et al.* 2012a, 2012b, Tahmasebi *et al.* 2012), y patógenos (Larenas *et al.* 1997, Meixner 2007) resulta adecuado este tipo de montaje (Ramón & León 2008).

## **1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.**

### **1.1 Ubicación taxonómica de *O. mykiss*.**

En la literatura existe un buen número de ejemplos de la ubicación taxonómica de *O. mykiss*, pero se consideró más adecuada la de ITIS (2011):

**Reino:** Animal

**Sub-reino:** Metazoos

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Superclase:** Osteichthyes

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Neopterygii

**Infraclase:** Teleostei

**Superorden:** Protacanthopterygii

**Orden:** Salmoniformes

**Familia:** Salmonidae

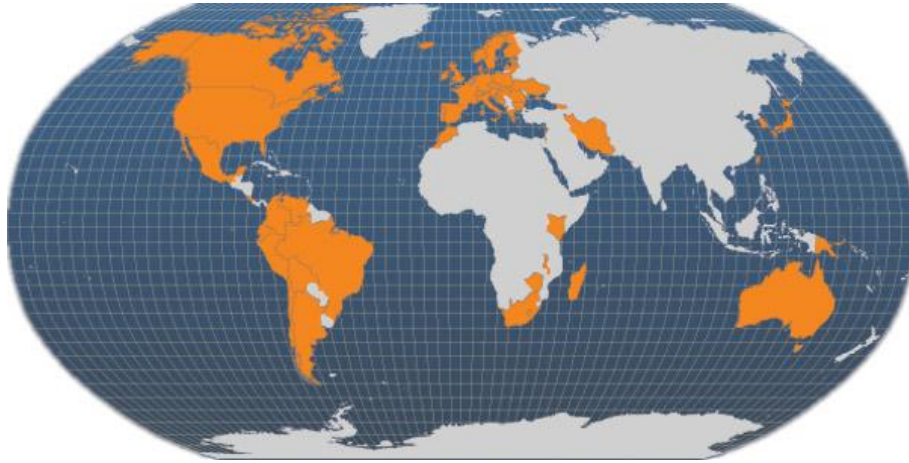
**Subfamilia:** Salmoninae

**Género:** *Oncorhynchus* Suckley, 1861.

**Espécie:** *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

### **1.2 Distribución de *O. mykiss*.**

*O. mykiss* se ha establecido en África, América, Asia, Europa y Oceanía. En América se encuentra en 15 países, dentro de los que se destacan Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela (FAO 2002, 2012b) (Fig. 1).



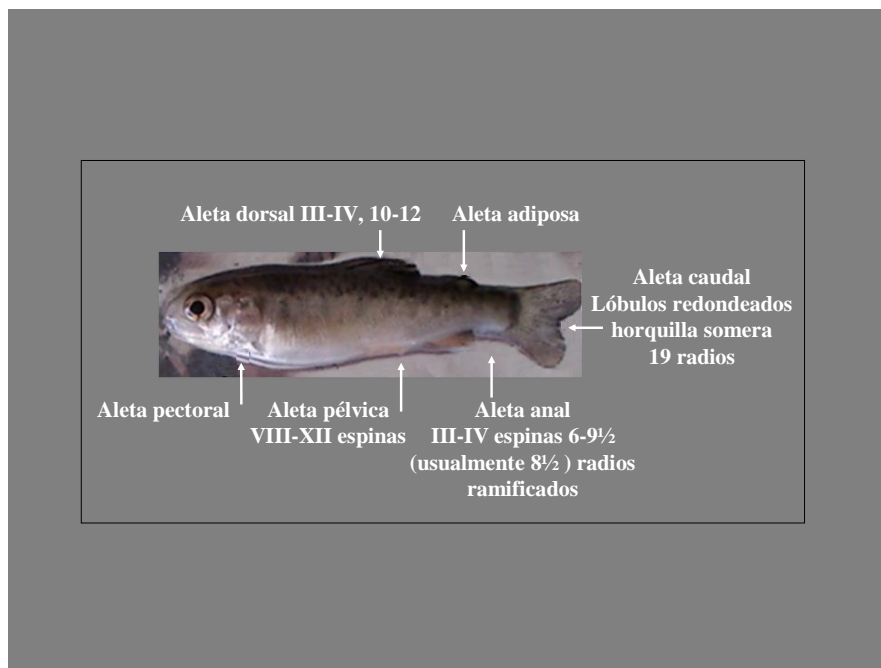
**Fig. 1.** Distribución mundial *O. mykiss* (en naranja) (FAO 2012b).

### **1.3 Hábitat de *O. mykiss*.**

El hábitat natural de esta especie abarca lagos, lagunas y ríos de aguas limpias, cristalinas y altamente oxigenadas, con temperaturas entre 10°C y 21°C; esta especie prefiere fondos pedregosos y con poca vegetación (CEDEP *et al*, 2009). Existen reportes para Estados Unidos en regiones áridas con una temperatura promedio del agua de 27°C (Oregón) y en aguas geotermales (Río Firehole, Parque Nacional Yellowstone) (Zamora *et al.*, 1999). Vive principalmente sobre los 1.200 msnm, con precipitaciones anuales de 250 mm (FAO 2012b).

### **1.4 Descripción general de *O. mykiss*.**

El cuerpo de *O. mykiss* es fusiforme, comprimido lateralmente y alargado, incluso en estado de alevín (Rojas *et al.* 2008) (Fig. 2). Se caracteriza por estar cubierto de escamas finas de forma fusiforme y mucus. La coloración depende de la edad y el sexo, de igual manera influye el ambiente en que se encuentre; posee numerosas máculas negras o marrones en toda su piel y una franja rojiza plateada; en estanques sombreados adquiere una tonalidad plomo oscuro y en estanques o jaulas flotantes expuestos a la luz solar tiende a aclararse, variando de un azulado a verde oliva (CEDEP *et al*, 2009).



**Fig. 2.** Aspecto general de un alevín de *O. mykiss*

### 1.5 Alimentación y nutrición de *O. mykiss*.

Es un pez de hábito carnívoro generalista que se alimenta en mayor proporción de insectos y/o las larvas de los órdenes Trichoptera, Plecoptera y Chironomidae, moluscos, crustáceos, además de gusanos, renacuajos y peces de menor tamaño (Palma 2005). *O. mykiss* demanda un alto contenido nutricional, basándose en alimento concentrado en condiciones de cultivo. Los requerimientos varían según el estadio en que se encuentre el pez (Guillaume *et al* 2003) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Requerimientos nutricionales de *O. mykiss* (Guillaume *et al* 2003).

Nutrientes	Composición
Proteínas	40-45% alevines, 40-45% juveniles, 35-40% engorde, 40% reproductores
Carbohidratos	9-12%
Lípidos	12-16% alevines, 8-10% juveniles, 6-8% engorde
Minerales	P 0,45-0,8%, Mg 0,05-0,07%, Zn 15-30 ppm, Mn 2,4-13 ppm, Cu 3-5 ppm, Co 0,1 ppm, Se 0,25 ppm
Vitaminas	A, D, E, K3, C, tiamina, riboflavina, piridoxina, biotina, ácido nicotínico, ácido pantoténico, ácido fólico, inositol, colina, cianocobalamina y B12.
Aminoácidos	Arginina 4,0; histidina 1,8; isoleucina 2,8; leucina 5,0; lisina 6,0; metionina+cistina/23,3; fenilalanina+tirosina 6,0; treonina 4,1; triptófano 0,6; valina 3,6.

## 1.6 Canibalismo en *O. mykiss*.

Dentro de las 410 familias (36 de interés comercial) de peces teleósteos, *O. mykiss* hace parte de las especies que presentan canibalismo, el cual se define como depredación intraespecífica, se considera una conducta normal y varía entre poblaciones de la misma especie, y entre especies emparentadas. Factores como la disponibilidad de alimento y la densidad, pueden influenciar su intensidad, que tiene implicaciones ecológicas y evolutivas, puesto que es causa significativa de mortalidad, y puede llegar a tener un efecto marcado. El canibalismo implica la muerte y/o consumo parcial de un individuo; usualmente está asociado con una simetría entre el individuo caníbal y su presa (Pájaro 1998). En los teleósteos se han identificado siete modelos de ocurrencia del canibalismo (Atencio & Zaniboni 2006) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Criterios de clasificación del canibalismo (Atencio & Zaniboni 2006).

<b>Criterio</b>	<b>Canibalismo</b>	<b>Definición</b>
Estado de desarrollo de la presa	De huevos Pos-eclosión	De huevos fertilizados sin eclosionar. De estados post eclosión.
Parentesco caníbal-presa	Filial Fraternal Sin parentesco	Sobre las crías por los padres. Entre hermanos. Entre individuos sin ningún parentesco.
Relación de edad caníbal-presa	Intra-cohorte Inter-cohorte	Entre individuos de la misma edad. Sobre individuos de menor edad.

## 1.7 Características generales del cultivo de *O. mykiss*.

El cultivo de trucha se conoce como truchicultura, cuyos inicios se remontan a 1758 en Europa. La infraestructura utilizada desde entonces corresponde a estanques rectangulares excavados en tierra o construidos en concreto. Adicionalmente, en la actualidad se emplean tanques de fibra de vidrio, fibrocemento, sistemas de flujo continuo, estanques rectangulares y jaulas flotantes en lagos naturales y presas (Rojas *et al* 2008, MINAGRICULTURA 2009).

### 1.7.1 Jaulas flotantes.

Los cultivos en jaulas se desarrollaron por pescadores en el sureste Asiático, con el fin de mantener algunas especies ícticas por periodos de tiempo cortos. Con fines económicos, se iniciaron a



principios del siglo XIX. Las jaulas son estructuras que pueden tener gran variedad de formas, utilizando materiales como mallas sintéticas, nylon, alambre, madera, bambú y redes; las cuales permiten mantener o cultivar gran diversidad de organismos acuáticos dentro de los que se encuentra *O. mykiss* (Tabla 4) (Bocek 1999). Esta especie se considera de fácil adaptación en cultivos de jaulas flotantes, prácticamente en todos los ecosistemas acuáticos (Ortiz *et al.* 2007); por ejemplo, el INP (1995) desarrolló un cultivo experimental en la presa Pucuateo Michoacán (México), mientras que Salazar (1999) calculó la densidad óptima de cría en estanques (Bolivia); Cornel & Whoriskey (2003) evaluaron el efecto de este tipo de cultivo sobre la calidad del agua el zooplancton, el bentos y los sedimentos del lago du Passage (Quebec, Canadá); y Morales (2004) el crecimiento y eficiencia alimentaria de la especie bajo diferentes regímenes de alimentación en jaulas flotantes (Argentina). Cabe mencionar las guías técnicas de Valverde (2006) y Rojas *et al.* (2008) elaboradas en el Perú para la producción de *O. mykiss*, igualmente en jaulas flotantes.

**Tabla 4.** Ventajas y desventajas de los cultivos en jaulas flotantes (FAO 2012c).

Ventajas	Desventajas
Recuperación de la inversión inicial en poco tiempo.	Gran demanda de oxígeno.
Manejo sencillo.	Pérdida de alimento.
Cosechas a corto, mediano y largo plazo.	Rápida difusión de enfermedades.
Aplicable a la gran mayoría de peces.	Alto porcentaje de saqueos.
Alta producción por unidad de área.	Contaminación del recurso hídrico, cuando el manejo es inadecuado.
Facilidad en el suministro de alimentos artificiales que complementan los naturales, mejorando la eficiencia en la conversión alimenticia.	Efectos climáticos sobre las variables físico-químicas del medio y la infraestructura del cultivo.
Protección contra depredadores.	
Facilidad en la cosecha.	
Reducción del tiempo de engorde.	

### **1.7.2 Acuarios.**

Existen numerosos reportes del mantenimiento de etapas tempranas de *O. mykiss*, incluso alevines, en acuarios con fines diversos, *e. g.* piscicultura (Alvarado 1997a, 1997b, Mehrabi *et al.* 2011, Hualde *et al.* 2012a, 2012b, Tahmasebi *et al.* 2012), ictiopatología (Larenas *et al.* 1997, Meixner 2007) y ecotoxicología (Reid *et al.* 1991, Eldar & Ghittino 1999, Vidal *et al.* 2005, Lennquist *et al.* 2008).

### **1.7.3 Variables físico-químicas.**

Es de gran importancia conocer y controlar la calidad del agua que se emplea en los cultivos de peces y otros organismos (Arboleda 2006), incluyendo *O. mykiss*, debido a que esto evita la proliferación de enfermedades y puede asegurar el éxito en el crecimiento y desarrollo de los individuos (Rojas *et al.*, 2008). Para esta especie se han determinado varios rangos, entre los cuales se debe mantener la especie (Tabla 5):

**Tabla 5.** Variables físico-químicas en truchicultura.

Variable	Rango	Unidades	Efectos
Temperatura	8-17	°C	Influye sobre la respiración, el crecimiento, la alimentación y la reproducción. Para <i>O. mykiss</i> se recomienda <18°C; por encima disminuye el O <sub>2</sub> disuelto y se afecta negativamente el crecimiento; >19°C favorece la aparición de enfermedades (Rojas <i>et al.</i> , 2008, Betancur <i>et al.</i> , 2010).
pH	6,5- 8,6		Aguas ligeramente alcalinas benefician el crecimiento adecuado. Afecta otras variables fisicoquímicas como compuestos nitrogenados (Rojas <i>et al.</i> , 2008).
Oxígeno disuelto	6,5-9,0	mg/l	Un nivel alto indica aguas de buena calidad. A temperaturas bajas mayor disponibilidad (Rojas <i>et al.</i> 2008). Los alevines necesitan altas cantidades para poder satisfacer sus actividades metabólicas (Betancur <i>et al.</i> , 2010).
Dureza	60-300	mg/l	Concentraciones altas de Ca <sup>+</sup> y Mg <sup>+</sup> aumentan la tasa de crecimiento (Núñez & Somoza 2010).
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,40	mg/l	Aumentos de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> afectan las membranas branquiales, impidiendo la captación de O <sub>2</sub> (igual que concentraciones altas de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) e inhibe el sistema inmunológico desencadenando enfermedades. Los NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> tienen toxicidad baja (Núñez & Somoza 2010). Concentraciones altas de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> disminuyen el O <sub>2</sub> y prolifera el fitoplancton (Palma 2005).
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<0,55		
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<100		
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	0,6-1,5	mg/l	Tiene implicaciones negativas sobre el crecimiento. Su exceso puede llevar a la muerte (Rojas <i>et al.</i> 2008).
Hierro (Fe <sup>2+</sup> )	<0,1	mg/l	Concentraciones altas puede ser tóxicas (Rojas <i>et al.</i> , 2008).
Cobre (Cu <sup>+</sup> )	< 0,05	mg/l	Influye en las branquias, por mecanismos aún desconocidos; en concentraciones altas causa la muerte (Palma 2005).
Plomo (Pb <sup>+4</sup> )	< 0,03	mg/l	El plomo es un metal pesado que no puede eliminarse del organismo y genera una acumulación progresiva causando daños irreversibles desarrollando daños en la piel, el corazón y los riñones (Núñez & Somoza 2010).

#### 1.7.4 Densidades de cultivo.

En varios países se han evaluado las densidades de *O. mykiss* en diferentes sistemas de producción (principalmente estanques y jaulas), considerando, entre otros factores, el crecimiento, la supervivencia, las eficiencias alimentaria y productiva, la conversión de alimento, y aspectos genéticos, por ejemplo en Noruega (Holm *et al.* 1990), Venezuela (Alvarado 1999), Estados Unidos (Bagley *et al.* 2003, Kilambi *et al.* 2011), Polonia (Trzebiatowski *et al.* 2003), Argentina (Morales

2004), Perú (Rojas *et al.* 2008), Italia (Menotti *et al.* 2010), Ecuador (Torres & Sarmiento 2011). Aunque en diversos casos las densidades no han afectado el crecimiento, Merino (2005) señala que el número de peces en un cultivo está determinado por el estadio de desarrollo, la longitud y el peso y propone densidades en estanques (Tabla 6), diferentes a las de Rojas *et al.* (2008), para el cultivo en jaulas flotantes (Tabla 7).

**Tabla 6.** Densidades para el levante de *O. mykiss* en estanques (Merino 2005).

Longitud cm	Peso K	Densidad n/m <sup>3</sup>
3	0,004	10.000
4	0,009	4.400
5	0,015	3.000
6	0,029	2.600
8	0,051	2.000
10	0,12	1.500
12	0,22	1.200
14	0,33	900

**Tabla 7.** Densidades para el levante de *O. mykiss* en jaulas flotantes (Rojas *et al.*, 2008).

Longitud cm	Peces/k	Densidad n/m <sup>3</sup>
6	217,0	1000
7	263,0	750
8	175,0	600
9	122,0	500
10	89,0	400
12	52,0	275
14	32,0	210
16	22,0	169
18	15,3	125
20	11,1	100
22	8,4	80
24	6,5	70
26	5,1	62
28	4,1	55
30	3,3	48

## **2 OBJETIVOS.**

### **2.1 Objetivo general.**

- Determinar el crecimiento de alevines de *O. mykiss* en condiciones de laboratorio (acuarios) y en jaulas flotantes en un reservorio artificial rural.

### **2.2 Objetivos específicos.**

- Determinar los modelos que mejor se ajustan al crecimiento de los alevines, según la dieta y densidades óptima y alta, en el laboratorio y en el reservorio.
- Definir el espectro trófico de los tractos digestivos de los alevines confinados en las jaulas.
- Establecer el porcentaje de canibalismo en los acuarios.
- Precisar el posible efecto de las variables: temperatura, dureza, O<sub>2</sub> disuelto, pH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, y PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, sobre el crecimiento de los alevines.

### 3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1 Hipótesis fase reservorio.

##### Hipótesis 1:

- Ho:** El cuerpo de agua tiene las condiciones adecuadas para el desarrollo de alevines de *O.mykiss* y una influencia mínima de los factores climáticos.
- Ha:** Existe una gran influencia de los factores climáticos sobre el cuerpo de agua, cuyo resultado dificulta el mantenimiento y desarrollo de los alevines.

##### Hipótesis 2:

- Ho:** No existe una diferencia significativa entre las dietas con alimento vivo y concentrado (Truchina 45%), ya que el alimento vivo es la base primaria para el crecimiento de los alevines.
- Ha:** Hay una diferencia significativa entre los tratamientos, favoreciendo el crecimiento de los individuos alimentados con concentrado más el alimento vivo disponible en el reservorio.

##### Hipótesis 3:

- Ho:** La similitud en la composición y la abundancia de los contenidos de los tractos digestivos indican que las presas se distribuyen de forma homogénea en el primer metro de la superficie del reservorio; por lo tanto, los alevines pueden consumir el mismo tipo de alimento independientemente de la ubicación de las jaulas en el reservorio.
- Ha:** El alimento vivo no se distribuye homogéneamente en el primer metro de la superficie del cuerpo de agua, así que se evidencian diferencias en los tractos digestivos de los alevines, según la ubicación de las jaulas en el cuerpo de agua.

### 3.2 Hipótesis fase laboratorio

#### Hipótesis 1:

- Ho:** Las dos densidades utilizadas no tienen influencia significativa en el desarrollo de los alevines.
- Ha:** Existen diferencias significativas entre las dos densidades, de forma que el tratamiento con mayor densidad tienen menor crecimiento.

#### Hipotesis2:

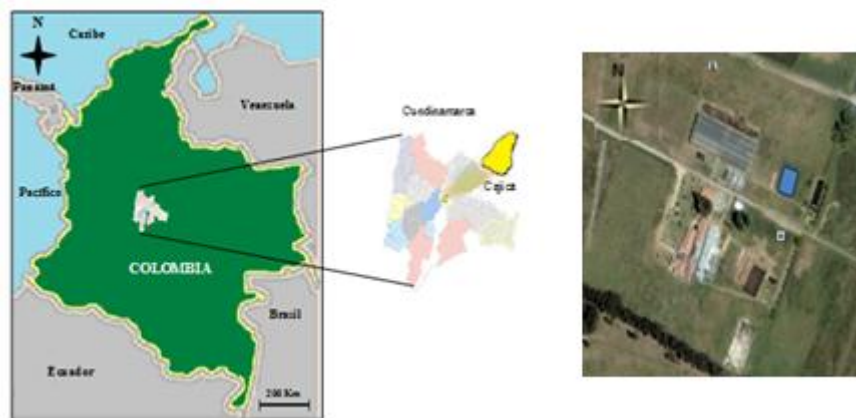
- Ho:** No existe un porcentaje representativo de canibalismo entre los individuos de los tres acuarios, teniendo en cuenta las densidades empleadas.
- Ha:** En los tratamientos con mayor densidad se obtendrá un porcentaje más representativo de canibalismo entre los alevines.

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS.

### 4.1. Reservorio-jaulas.

#### 4.1.1 Descripción del área de estudio.

El ensayo se desarrolló en un reservorio artificial del Campus UMNG, ubicado a 2.558 msnm en el área rural del municipio de Cajicá (Cundinamarca) (Fig. 3).



**Fig. 3.** Ubicación del Municipio de Cajicá y del reservorio (recuadro azul) en el Campus UMNG (tomado y modificado de cajica-cundinamarca.gov.co & Google Earth®).

La temperatura promedio en el área de estudio fluctúa entre 10 y 14°C (Alcaldía Municipal de Cajicá 2012). Es importante destacar que, para los meses de agosto y septiembre de 2011 se reportó una temporada menos lluviosa en la mayor parte de la región Andina y para octubre un evento La Niña, con precipitaciones fuertes en las regiones Caribe, Pacífica y Andina, más intensas en la cordillera occidental y la Sabana de Bogotá (120% por encima del promedio) (IDEAM 2012b).

En el reservorio donde se ubicaron las jaulas flotantes, la temperatura tiene un amplio rango de variación nictimera (6,20-20,65°C) y el promedio de oxígeno disuelto es de 4,85 mg/l. Dependiendo de la época del año muestra una tendencia a la eutrofia e hipereutrofia y una contaminación moderada. Macrofitas acuáticas flotantes, como *Azolla* sp., *Lemna* sp. Y *Limnobium laevigatum*, predominan la mayor parte del año, al igual que microcrustáceos de Cladocera y



Copepoda, y representantes de Rotifera, además de una gran variedad de insectos acuáticos o larvas de insectos terrestres (Aconcha & Suárez 2005, Laverde 2010, Londoño & Tovar 2011).

#### 4.1.2 Diseño experimental para evaluar el crecimiento de *O. mykiss* en las jaulas.

Como jaulas flotantes se emplearon 12 cestas plásticas cónicas con tapa, marca Rimax®, con las siguientes especificaciones: 45 cm de diámetro superior, 35 cm de diámetro inferior, 62 cm de altura, peso 0,90 k, orificios rectangulares de 1 cm de alto y ancho entre 2 y 0,5 cm, de la parte superior a la inferior de las cestas; volumen de 50 litros. Para evitar la evasión de los alevines a través de los orificios, entre éstos se tejió un zuncho plástico de 1 cm de ancho. Adicionalmente en las tapas se adecuó una apertura para permitir la alimentación de los peces (Fig. 4).



**Fig. 4.** Jaulas empleadas en el reservorio para el mantenimiento de los alevines de *O. mykiss*. En la tapa se muestra la adecuación a manera de apertura para la alimentación.

El reservorio tiene 32 x 7 x 3 m (224 m<sup>2</sup>, 672 m<sup>3</sup>) (Fig. 5). El montaje se elaboró usando estacas de madera (5 x 50 cm) clavadas en las orillas, a las cuales se sujetaron las jaulas mediante nylon de 90 lb para mantener su posición adecuada en el cuerpo de agua. Teniendo en cuenta que la longitud total del reservorio es de 32 m, las jaulas se distribuyeron en un área de 20x7 m de largo, debido a que en los 12 m restantes se encuentran mangueras para el llenado del reservorio mediante bombeo. La distancia entre jaulas fue de 1,41 x 4,55 m (Figs. 5 & 6).

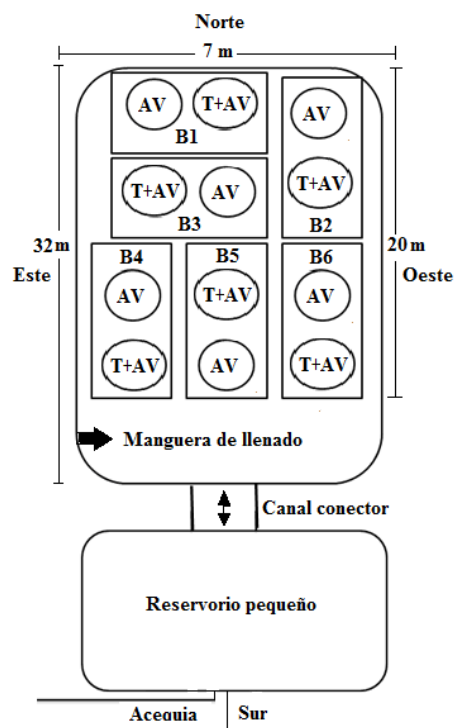
En Ictiofauna Ltda. (Bogotá) se adquirieron 600 alevines con una longitud total entre 3,5 y 3,8 cm, según mediciones del 30% (180) de ellos. Previo a su ubicación en el cuerpo de agua tuvieron un proceso de aclimatación en el laboratorio durante dos días en acuarios con agua del reservorio, efectuando recambios del 70%; las primeras 24 h no se les suministró alimento (Salas 2011).

Se efectuaron dos siembras en las cuales se emplearon 50 individuos por jaula (Rojas *et al* 2008), la primera el 12.Ago.11, constituida sólo por los bloques 1 y 6 de 200 individuos de los 600 adquiridos, debido a la alta mortalidad (66,7%) entre el periodo de aclimatación y el momento de la disposición en el reservorio,. La segunda el 27.Sep.11, en la cual se dispusieron 600 alevines, distribuidos en los seis bloques. El concentrado (equivalente al 5% del peso individual promedio) se suministró diariamente a las 8:00 y 16:00 h al grupo correspondiente.

Se evaluaron dos dietas, una con alimento vivo del reservorio (designada AV) y otra con el concentrado Truchina® al 45% de proteína cruda extrudizada + el alimento vivo disponible en el reservorio (designada T+AV); en cada caso se utilizaron seis jaulas (una original y dos réplicas), distribuidas en seis bloques al azar (Fig. 6).



**Fig. 5.** Montaje y distribución de las jaulas en el reservorio.



**Fig. 6.** Distribución de las jaulas en el reservorio en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11). B= Bloques, AV= Alimento vivo, T+AV= Concentrado.

#### 4.1.3 Registro de las variables físico-químicas y ambientales.

Quincenalmente, en el rango horario 10:00-15:00 h, a 10 cm de la superficie del reservorio se determinaron las concentraciones (mg/l) de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y ortofosfato ( $\text{PO}_4^-$ ), utilizando un fotómetro Visicolor® Umweltkoffer, así como el pH, la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el oxígeno disuelto (mg/l), mediante sondas electrónicas. Se consideraron tres puntos del reservorio, ante eventuales diferencias en los sectores evaluados: P1= sin influencia de efluentes, PM= Punto Medio, P2= Con influencia de un reservorio más pequeño y una manguera de llenado) (Fig. 7). Los promedios diarios de precipitación (mm) y de temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) durante los periodos de evaluación se obtuvieron de la estación meteorológica del Campus UMNG.



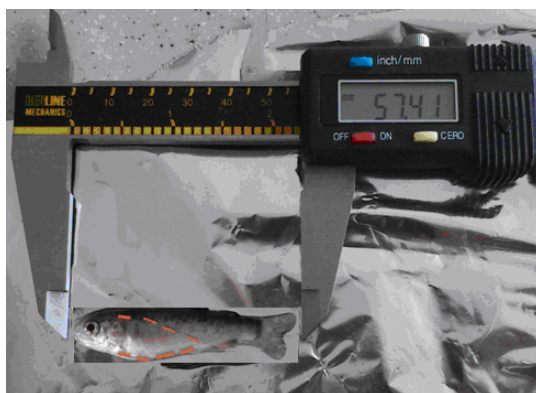
**Fig. 7.** Puntos de medición de las variables físico-químicas. P1= sin influencia de efluentes, PM= Punto Medio, P2= Con influencia de un reservorio más pequeño y una manguera de llenado.

#### **4.1.4 Determinación del tamaño y el peso.**

Las mediciones de la longitud total y estándar (cm) se efectuaron con un calibrador digital Redline Mechanics® y las de peso (g) con una balanza analítica Ohaus Explorer Pro® de precisión 0,0001, empleando un recipiente con agua, donde se colocaron los individuos, para establecer su peso mediante una sustracción. Teniendo en cuenta que el peso final de cada individuo se tomo horas después de fallecidos.

#### **4.1.5 Análisis del tracto digestivo.**

Al finalizar los ensayos de las jaulas flotantes los individuos recuperados fueron fijados en formol al 4% en frascos debidamente rotulados. Posteriormente fueron llevados al Laboratorio de Hidrobiología del Campus UMNG, con el fin de realizar las disecciones para el análisis de los tractos digestivos de todos los especímenes. Los cortes se realizaron ventralmente desde la sínfisis del cleitrum hasta el ano y en arco lateralmente (Fig. 8).



**Fig. 8.** Esquema de la línea de corte (- -) en las disecciones de los alevines de *O. mykiss*. Se aprecia la medición de la longitud total en mm.

De cada uno de los 400 tractos digestivos se obtuvieron los ítems alimentarios (presas), con la ayuda de pinzas de punta fina y un estereoscopio Carl Zeiss® Stemi DV4, y se organizaron en grandes grupos (Tabla 8), identificados con base en Roldán (1988) y Brusca & Brusca (2003). En las fotografías de algunas presas se empleó un estereoscopio Leica® EZ4HD y una cámara Canon®.

**Tabla 8.** Grupos considerados en el análisis del tracto digestivo de los alevines de *O. mykiss*.

Ítem	Organismos
Crustáceos	Amphipoda, Cladocera, Copepoda.
Helmintos	Nematoda.
Insectos	Chironomidae, Coleoptera, Hemiptera, Odonata, Trichoptera.
Moluscos	Gasteropoda.
Detritus	Materia orgánica en descomposición, pequeñas piezas de organismos animales y vegetales muertos o en descomposición, <i>i. e.</i> “Todo tipo de material biogénico en diferentes estados de descomposición microbiana, representando potencialmente una fuente de energía para consumo de las especies” (Odum & De La Cruz 1963, Darnell 1967a, 1967b).

## 4.2 Laboratorio-acuarios.

### 4.2.1 Diseño experimental para evaluar el crecimiento de *O. mykiss* en acuarios.

El ensayo se desarrolló durante cuatro meses (19 de enero a 19 de mayo de 2012) en el Laboratorio de Hidrobiología del Campus UMNG, en tres acuarios de 99,5 x 34 x 51 cm ( $172.533 \text{ cm}^3 = 172,5 \text{ L}$ ) (Fig. 9), en los que se mantuvo un volumen de agua de 119 L. Los acuarios se acondicionaron con bombas de aire Resun® y Lifetech® 25 W y filtros con flujo de 1000 l/h Resun-Magi®-1000 20 W.

Se depositaron 120 alevines en un acuario (designado A2= densidad óptima según Rojas *et al* 2008) y 266 en cada uno de los otros dos (designados A1 y A3= densidad alta según Merino 2005). Como en el caso del reservorio, fueron alimentados con Truchina® al 45% de proteína cruda extrudizada, equivalente al 5% del peso promedio individual, dos veces al día (mañana y tarde). Para el ajuste de la dieta, quincenalmente se realizaron mediciones de peso y talla (según se explicó anteriormente) del 30% de los individuos de cada tratamiento. El proceso de aclimatación de los alevines previo al inicio del ensayo, así como las mediciones de peso y talla se describieron en el aparte de las jaulas (numeral 4.1.2).



**Fig. 9.** Montaje para la evaluación del crecimiento de *O. mykiss* en los acuarios. Laboratorio de Hidrobiología, Campus UMNG.

En cada uno de los acuarios se realizaron recambios diarios de aproximadamente 50 % del agua. Las paredes y el fondo de los acuarios se limpiaron semanalmente con una escobilla JBL Blanki®, con el fin de remover algas y desechos; además, se retiraban los filtros y bombas de aire para su lavado.

#### 4.2.2 Registro de variables físico-químicas en los acuarios.

Quincenalmente se registraron las mismas variables que en el reservorio, en igual rango horario (10:00-15:00 h) con los mismos equipos empleados en la fase del reservorio (numeral 4.1.3).

#### 4.3 Análisis de la información.

##### 4.3.1 Evaluación del crecimiento de los alevines de *O. mykiss* en las jaulas y en los acuarios.

Las variables productivas en los dos sistemas se determinaron con base en las fórmulas empleadas en varias fuentes (Figuroa *et al.* 1996, Vélez *et al.* 2003, Morales 2004) (Tabla 9).

**Tabla 9.** Variables productivas para evaluar el crecimiento de los alevines de *O. mykiss*. Figuroa *et al.* (1996)<sup>1</sup>, Vélez *et al.* (2003)<sup>2</sup>, Morales (2004)<sup>3</sup>.

Variable	Fórmula
<sup>1</sup> Factor de Conversión Alimenticia.	FCA= Peso seco del alimento ofrecido/ Ganancia en biomasa
<sup>1</sup> Tasa Específica de Crecimiento (g/día).	TEC= [(ln (Peso final)-ln (Peso inicial))/día].100.
<sup>2</sup> Consumo Aparente de Alimento Diario (%).	CAAD= 100. [Peso seco de alimento diario ofrecido por pez (g)/ (Pi+Pf)/2], Pi: Peso inicial promedio, Pf: Peso final promedio.
<sup>3</sup> Factor de Condición.	K= (P*100)/Lt <sup>3</sup> , P: Peso total (g), Lt: Longitud total (cm). 0,00 a 0,25= Desnutrido; 0,25 a 0,75= Bien nutrido; 0,75 a 1,00= Sobrealimentado.
<sup>3</sup> Relación Longitud total (cm)-Peso total (g).	Y=ax <sup>b</sup> , X: Longitud total, Y: Peso total, a: Origen, b: Pendiente
<sup>3</sup> Ganancia en Longitud (cm).	GL= Ltf-Lti, Ltf: Longitud total final, Lti: Longitud total inicial.
<sup>3</sup> Ganancia en Peso (g).	GP= Pf-Pi, Pf: Peso promedio final, Pi: Peso promedio inicial.

En el caso de los alevines del reservorio, únicamente se realizaron gráficas del promedio de peso (g) y longitudes total y estándar (cm) de cada periodo (12.Ago-01.Sep.11 y 27.Sep-08.Oct.11), pues sólo se contó con esas mediciones puntuales.

#### 4.3.2 Evaluación de la supervivencia y el canibalismo.

La supervivencia depende de factores como: calidad del agua, densidad, tamaño de los peces, canibalismo, condiciones ambientales, alimento, genética y enfermedades (Alvarado 1999). En los acuarios y las jaulas se calculó como:

$S = (NPf/NPi) \cdot 100$ , S: Supervivencia, NPf: Número de peces final, NPi: Número de peces inicial (Montaña 2009).

El canibalismo en los acuarios se halló mediante la relación:  $Tf \cdot 100 / Ti$ , Tf: Número de peces faltantes que no fueron encontrados muertos, Ti: Número de peces al inicio del ensayo (Alvarado 1999).

#### 4.3.3 Evaluación del contenido de los tractos digestivos.

En los sistemas acuáticos donde habitan o se mantienen peces sin alimento exógeno, es de gran importancia conocer sus hábitos tróficos y la disponibilidad de recursos en el medio (Sánchez *et al* 2003). Por lo anterior, en este trabajo se emplearon cuatro métodos para evaluar los contenidos de los tractos digestivos de los alevines mantenidos en el reservorio (Tabla 10).

**Tabla 10.** Métodos para evaluar el espectro trófico de los alevines de *O. mykiss* mantenidos en el reservorio. Los siguientes autores emplearon los diferentes métodos en *O. mykiss* y otras especies Figueroa *et al.* (1996)<sup>1</sup>, Vélez *et al.* (2003)<sup>2</sup>, Morales (2004)<sup>3</sup>, Laverde (2010)<sup>4</sup>.

Método	Fórmula
<sup>1</sup> Frecuencia de Ocurrencia.	FO= 100. Número de tractos digestivos con ítem A/Número total de tractos digestivos con alimento.
<sup>2</sup> Frecuencia Numérica.	FN= 100. Número de presa ítem A/ Número total de presas.
<sup>3</sup> Gravimetría.	G= 100. Peso de las presas del ítem A/ Peso de todas las presas.
<sup>4</sup> Índice de Importancia Relativa.	IIR= (FO). G/100.



#### 4.3.4 Evaluación de la influencia de las variables abióticas sobre el crecimiento de *O. mykiss*.

##### 4.3.4.1 Fase reservorio.

Aunque sólo se obtuvieron datos de temperatura, O<sub>2</sub> disuelto, pH, compuestos nitrogenados y ortofosfato al inicio y final de los dos periodos (12.Ago-01.Sep. y 27.Sep-08.Oct.11), se compararon entre fechas y con los disponibles sobre el reservorio (Aconcha & Suárez 2005, Laverde 2010, Londoño & Tovar 2011). Además, se elaboraron gráficas de la precipitación media diaria y temperatura media diaria a lo largo de los dos periodos.

##### 4.3.4.2 Fase laboratorio.

Con los datos de peso (g) y longitudes total y estándar (cm), se elaboraron las graficas de evolución del Factor de Condición (K), Factor de Condición Alimenticia (FCA) y Consumo Aparente de Alimento Diario (CAAD) de los alevines en cada acuario. Los modelos de crecimiento se hallaron mediante la prueba de varias funciones matemáticas (exponencial, lineal, logarítmica y polinómica) (Froese & Pauly 2012) con la ayuda de Excel 2010®. Para evaluar las posibles relaciones entre las variables físico-químicas (temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza, compuestos nitrogenados y ortofosfato) y el crecimiento de los alevines de *O. mykiss* (peso, longitudes estándar y total) se realizaron varios análisis estadísticos mediante el programa STATGRAPHICS Centurión XVI 16.1.03® (Tabla 11).

**Tabla 11.** Pruebas estadísticas empleadas para analizar el desarrollo de los alevines de *O. mykiss* en los tres acuarios.

Prueba	Análisis
ANOVA (p= 0,05)	Diferencias de las variables físico-químicas entre los acuarios. Diferencias de variables de crecimiento de los alevines en relación con las tres densidades evaluadas. Evolución de FCA y CAAD.
Student	Evolución de K. Cotejo del peso de los alevines afectados durante el periodo de acidificación del agua en el segundo mes de evaluación (Marzo).
Análisis de Componentes Principales (ACP)	Influencia del cuadro físico-químico sobre el crecimiento de los alevines.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1 Aspectos climáticos en el Campus UMNG.

En el Campus UMNG, donde se ubica el reservorio, el promedio general de precipitación y temperatura entre agosto y octubre de 2011 fue 0,132 mm y 13,1°C. Los promedios de precipitación durante los dos periodos de mantenimiento de los alevines en las jaulas fueron 0,113 mm (12.Ago-01.Sep.11) y 0,151 mm (27.Sep-08.Oct.11). Esta diferencia mínima en la precipitación contrastó con algunos picos de lluvia en agosto (máximo 0,708 mm, 19.Ago) y octubre (máximo 0,933 mm, 08.Oct.) (Fig. 10), y con la influencia de un episodio La Niña, cuyas precipitaciones más intensas se registraron en la cordillera occidental y la Sabana de Bogotá (120% por encima del promedio) (IDEAM 2012b). Lo anterior difiere del patrón climático normal, pues la época del ensayo abarcó parte de la segunda temporada seca del año en el territorio Colombiano (IDEAM 2012a).



**Fig. 10.** Precipitación media diaria (mm) en azul y temperatura media diaria (°C) en rojo registrada en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodos (27.Sep-08.Oct.11). \* Datos tomados de fremeteo.com, no disponibles en la estación meteorológica del Campus UMNG por su mantenimiento. M= Mortandad de los alevines.

Las temperaturas atmosféricas promedio fueron 13,8 y 12,8 °C, en el primer y segundo periodos, respectivamente (general 12,8°C). Tal vez el evento La Niña tuvo que ver en la escasa disminución de sólo 1°C, pues es común que las temperaturas descieran cuando ese tipo de fenómenos ocurre (Lozada 2002), lo cual se observó en Colombia en 2011 (IDEAM 2012b).

## 5.2 Aspectos limnológicos del reservorio.

Sólo se realizaron determinaciones de las variables físico-químicas en las fechas de inicio y terminación de las dos periodos (12.Ago-01.Sep.11 y 27.Sep-08.Oct.11) (Tabla 12), puesto que en el diseño experimental se pretendía evaluar seis meses, compilando datos mensuales por la escasa disponibilidad de reactivos para medir las concentraciones de dureza y nutrientes.

**Tabla 12.** Registro de las variables físico-químicas a 10 cm de superficie del reservorio al inicio y final del primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).

Variable	Unidades	Primer periodo		Segundo periodo	
		12.Ago-01.Sep.11	6,18	27. Sep-08.Oct.11	6,47
pH		6,90	6,18	7,93	6,47
Temperatura	°C	16,0	18,0	17,0	15,7
Oxígeno disuelto	mg/l	4,94	5,47	5,70	11,1
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,03	0,10	0,01	0,03
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	1,53	1,13	1,13	1,23
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/l	0,40	0,57	0,30	0,40
Ortofosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3,15	0,70	0,73	1,10

### 5.2.1. pH superficial.

Los valores de pH registrados en todas las fechas en la superficie, fueron ligeramente ácidos (6,18-7,93), se encuentran dentro del rango de tolerancia para *O. mykiss* en la truchicultura (6,50- 8,60), aunque aguas ligeramente alcalinas benefician el crecimiento y afectan otras variables físico-químicas como los compuestos nitrogenados (Rojas *et al.* 2008). En estudios previos del reservorio utilizado (Laverde 2009, Londoño & Tovar 2011) se reportaron buenas condiciones en cuanto a la

acumulación de compuestos básicos, lo cual se podría atribuir, en parte, a la actividad de diferentes organismos en el ciclo del CO<sub>2</sub> (Abarca 2005).

### **5.2.2. Temperatura superficial.**

La temperatura superficial varió entre 15,7 y 18,0°C. Aunque *O. mykiss* es de agua frías, el grado de tolerancia a la temperatura es amplio, pudiendo subsistir a 25,0 °C o más, durante varios días en verano o en estanques con concentraciones muy bajas de O<sub>2</sub> disuelto. El límite inferior de tolerancia se acerca a la congelación (Rojas *et al.* 2008, CEDEP *et al.* 2009, Betancur *et al.* 2010, Froese & Pauly 2012). Teniendo en cuenta que en el reservorio las temperaturas noche vs. Día pueden variar entre 6,20 y 20,65°C (Aconcha & Suárez 2005, Laverde 2010, Londoño & Tovar 2011), este factor no pareció influir sobre los alevines, aunque los límites óptimos en truchicultura se reportan entre 8,0 y 17,0°C (Rojas *et al.* 2008), y 10,0 y 16,0°C (CEDEP *et al.* 2009). Sin embargo, hace falta ahondar en este aspecto en estudios posteriores, dadas las variaciones del crecimiento, según la temperatura: lento hasta 11°C, óptimo 12-17°C, lento (enfermedades) 18-22°C, letal >23°C (Alvarado & Bastardo 1983).

### **5.2.3. O<sub>2</sub> disuelto superficial.**

Aunando los datos de O<sub>2</sub> disuelto tomados por Aconcha & Suárez (2005), Laverde (2010) y Londoño & Tovar (2011) el promedio en el reservorio es de 4,85 mg/l. En el presente trabajo varió entre 4,94 y 5,70 mg/l en las tres primeras fechas, a diferencia de 11,1 mg/l en la última. Este valor pudo derivarse de las precipitaciones presentadas horas antes de la medición, pues se tiene conocimiento de la asociación establecida entre el O<sub>2</sub> disuelto y el rápido desarrollo fitoplanctónico con respecto a la recuperación del ortofosfato, incrementando O<sub>2</sub> disuelto a causa de las lluvias; además, durante las mismas se oxigena la superficie de los cuerpos de agua (Arboleda 2006, Roldán & Ramírez 2008).

El rango mencionado se encuentra en bajas concentraciones para la especie. En truchicultura los rangos que se manejan son 6,5-9,0 mg/l (Rojas *et al.* 2008, CEDEP *et al.* 2009, Betancur *et al.* 2010), aunque en general hay más rangos (mg/l), como los suministrados por Alvarado & Bastardo (1983): 8.9 = óptimo, 6.6= aceptable, 5.0= crítico, 4.0= respiración anhelante, 3.0= insuficiente-mortal y 1.5= rápidamente mortal.

Entre los factores que ocasionan la disminución del O<sub>2</sub> disuelto figuran: descomposición de la materia orgánica, presencia de macrófitos, alimento no consumido, heces, animales muertos, aumento de la tasa metabólica por incremento térmico, incluso noche vs. Día, disminución en los recambios de cada uno de los recintos de cría, paso de O<sub>2</sub> a la atmósfera, densidad o biomasa utilizada y aumento de sólidos en suspensión (Salas & Martino 2001, Arboleda 2006, CEDEP *et al.* 2009).

Con respecto a lo anterior, es dable agregar que, dependiendo de la época del año, el reservorio de estudio presenta macrofitas acuáticas flotantes, como *Azolla* sp., *Lemna* sp. Y *L. laevigatum*, así como una tendencia a la eutrofia e hipereutrofia, y una contaminación moderada (Aconcha & Suárez 2005, Laverde 2010, Londoño & Tovar 2011). En cierta medida los peces pueden adaptarse a este tipo de situaciones, sin que la mortalidad aumente, pero los procesos bioquímicos que regulan el metabolismo se perturban, incidiendo, *e. g.*, en el factor de conversión de alimento y velocidad del crecimiento (Hudson 1998, Rodríguez *et al.*, 2001, Sloman 2006).

#### **5.2.4. Compuestos nitrogenados superficiales.**

El nitrito (0,01-0,10 mg/l) y el nitrato (0,13-1,53 mg/l) se encontraron en condiciones óptimas (<0,55 y <100 mg/l, respectivamente) (Palma 2005, Núñez & Somoza 2010), mientras que el amonio (0,30-0,57 mg/l) se mantuvo en el límite adecuado (<0,40 mg/l) (Palma 2005, Núñez & Somoza 2010), excepto por el máximo valor después de la aplicación del glifosato (Roundup®) (74,4%); aunque este tipo de herbicida no es de gran espectro, puede llegar afectar la cadena trófica iniciando desde las diatomeas y las cianobacterias (Welten 2007); por debajo de niveles detectables puede llegar a inducir eutrofización en los cuerpos de agua, lo cual afecta las poblaciones de peces (Austin 1997), como fue el caso en el reservorio.

El ortofosfato tuvo el nivel más alto (3,15 mg/l) en la primera fecha, lo cual pudo deberse al ingreso por escorrentía de fertilizantes de los cultivos cercanos al cuerpo de agua, favoreciendo el crecimiento de microalgas (Abarca 2005). Esto pudo afectar el crecimiento de los peces, pues el rango recomendado para *O. mykiss* es 0,6-1,5 mg/l (Rojas *et al.* 2008), dentro del cual estuvieron sus concentraciones en las otras fechas (0,70-1,10 mg/l).

### 5.3 Fase reservorio.

#### 5.3.1 Supervivencia de los alevines *O. mykiss*.

La supervivencia el 12.Ago.11, a partir de la primera siembra de 200 alevinos (01.Sep.11), fue del 0%, incluyendo diez individuos que habían escapado de algunas jaulas. La explicación de esta mortalidad fue la aplicación de glifosato (74,4%) (Roundup®) en los alrededores del reservorio. Éste es un herbicida post-emergente, sistémico, no selectivo, de amplio espectro, derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfórico unido al radical amino. En si mismo es un ácido, pero comúnmente es utilizado en forma de sal, más comúnmente como sal de isopropilamina. Las sales más utilizadas son la isopropilamina de glifosato e isopropilamina de N-fosfonometil glicina (Martino 1995).

El glifosato puede llegar a los ecosistemas acuáticos por lixiviación, escorrentía, aspersion accidental y deriva por el viento (Cox 1998). Su toxicidad puede alterar algunos parámetros físico-químicos del agua, tales como la temperatura, el pH y la dureza (Ramírez *et al.* 2009). En el reservorio el pH osciló entre 6,9 y 7,1; después de la aplicación del herbicida se registró un valor de 6,2. Teniendo en cuenta que el rango óptimo para esta especie es de 6,5 a 8,5, este factor pudo contribuir negativamente en la muerte de los peces. Siendo esta temporada una época seca (IDEAM 2012b) se presume que este químico pudo haber llegado al agua por aspersion accidental o deriva por el viento descartando así la escorrentía por lluvias.

Entre los efectos del glifosato reportados en peces teleósteos se cuentan: lesiones en las branquias, vacuolización lipídica, cambios en la epidermis, lisis de las células pilares, neuronas necróticas y congestión sinusoidal y fibrosis incipiente en el hígado (Cox 1998, Ramírez *et al.* 2009). Al efectuar las disecciones no se evidenciaron lesiones externas, es de suponer que los daños podrían evidenciarse mediante estudios histopatológicos los cuales no se realizaron.

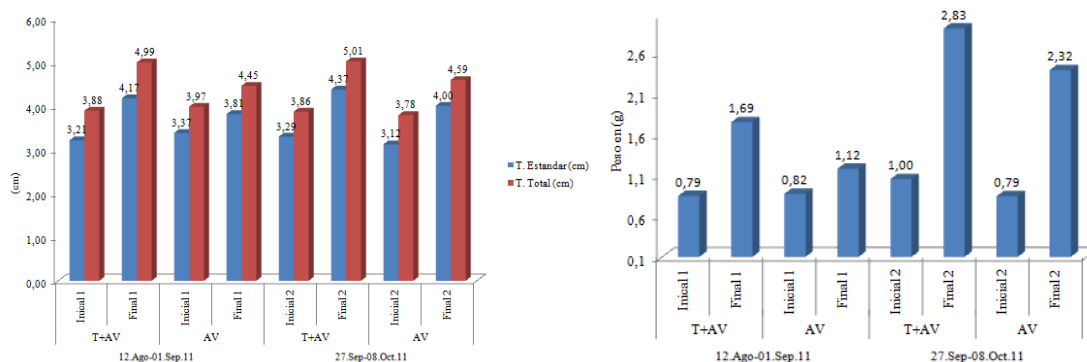
La supervivencia el 08.Oct.11 de los 600 alevinos de la segunda siembra (27.Sep.11) también fue del 0%. Este hecho se atribuyó a una fuerte precipitación (17,8 mm) con granizo ocurrida en el Campus UMNG el 08.Oct.11 a las 14 h (estación meteorológica Campus UMNG), que ocasionó un gran incremento del volumen de agua del reservorio y consecuente desestabilización de las jaulas. El resultado fue la evasión del 64,4% de los individuos (387) y la muerte del porcentaje restante

encontrado en las jaulas (35,6%, 213 alevines). Se presume que la mortandad estuvo asociada a las partículas de hielo, ya que los peces pueden confundirla por alimento, por lo que nadan a la superficie, donde son golpeados ocasionándoles la muerte (López & Proessel 2011).

Como se indicó en el apartado 4.1.1 (Descripción del área de estudio) las precipitaciones a causa del evento La Niña fueron un 120% más altas del promedio normal, por lo que el día de la muerte masiva de los alevines fue imposible el acceso al reservorio. Además, de poder mantener el montaje de forma adecuada lo cual permitió que el mayor porcentaje de individuos escapara. Como consecuencia de lo anteriormente mencionado se determino finalizar esta fase a cielo abierto en el reservorio pues el continuar implicaba altos costos de compra de alevines y de tiempo invertido.

### 5.3.2 Crecimiento de los alevines *O. mykiss* durante el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).

Los datos promedio puntuales de crecimiento evidenciaron el aumento de las longitudes estándar y total, y el peso de los alevines en los dos periodos evaluados y en ambas dietas (Fig. 11), similar a alevines de la misma especie (longitud total 3,00-4,00 cm) confinados en jaulas flotantes 30 días (Romero 2011). CEDEP *et al.* (2009) señalan que individuos de *O. mykiss* de 4,00 y 5,00 cm pueden pesar *ca.* 1,00 y 2,00 g, respectivamente.



**Fig. 11.** Longitudes total y estándar (cm) y peso promedio (g) de los alevines de *O. mykiss* en el primer (12.Ago-01.Sep.11) y segundo periodo (27.Sep-08.Oct.11).

La mayor talla de los ejemplares de la dieta T+AV, seguramente se relacionó con los organismos consumidos en el medio, como se ha comprobado en muchos casos, con *O. mykiss* (e. g., Hernández

2009) y otros peces, en pisciculturas rurales, incluyendo jaulas, donde los alevines y juveniles se comportan principalmente como zooplancófagos, ingiriendo en especial copépodos, cladóceros y ostrácodos, e incluso insectos terrestres y sus larvas, así como insectos acuáticos en sus diferentes fases de desarrollo (Compagnucci *et al.* 1992).

Sumado a lo anterior, es posible que la intensificación de las lluvias propiciada por el evento La Niña 2011, indirectamente aumentara el zooplancton disponible para ser consumido por los alevines durante el periodo 27.Sep-08.Oct.11, pues los nutrientes llevados al agua por escorrentía suelen tener un efecto dominó en las poblaciones acuáticas, favorecido por la proliferación de las comunidades planctónicas y sus depredadores (De Silva & Soto 2009). Lo mismo se soporta con otros atributos de crecimiento (Tabla 13).

**Tabla 13.** Atributos de crecimiento de los alevines de *O. mykiss* en el reservorio con las dos dietas. GP= Ganancia en Peso, GLE= Ganancia en Longitud Estándar, GLT= Ganancia en Longitud Total, TEC= Tasa Especifica de Crecimiento, FCA= Factor de Conversión Alimenticia, CAAD= Consumo Aparente de Alimento Diario, K= Factor de Condición. \* No incluido pues la fórmula requiere el peso seco del alimento.

Periodo	Dieta	GP (g)	GLE (cm)	GLT (cm)	TEC (%/día)	FCA	CAAD (%)	K
12.Ago-01.Sep.11	T+AV	0,90	0,96	1,10	3,79	1,26	0,77	1,36
	AV	0,31	0,43	0,48	1,59	*	*	1,27
27.Sep-08.Oct.11	T+AV	1,83	1,08	1,14	9,48	0,80	0,64	2,25
	AV	1,54	0,88	0,80	9,83	*	*	2,41

### 5.3.3 Composición del alimento de los alevines *O. mykiss*.

Un claro indicio de que los alevines no fueron selectivos al capturar el alimento, fue el detritus (11-118% según dieta) (Fig. 12). Su relevancia (49,4% del consumo, en general) fue refrendada por el análisis gravimétrico y el índice de importancia relativa (Tabla 14) y su presencia pudo deberse a la presumible gran cantidad de materia orgánica, además del concentrado suministrado (T+AV), sugiriendo, además, una buena dispersión del detritus en el cuerpo de agua. En éste, Laverde (2010) también encontró un porcentaje alto de detritus (35,0%) en la dieta de alevines de *C. carpio carpio* mantenidos en jaulas.



La dieta de *O. mykiss* incluye detritus vegetal, muy abundante en lagos y lagunas, donde, por su profusa biomasa, es responsable del excelente crecimiento que pueden alcanzar los peces. Sin embargo, en salmónidos, en general, los invertebrados que explotan el detritus orgánico alóctono, una de las principales fuentes de energía que entra en los sistemas acuáticos, pueden llegar a ser la principal fuente de alimento. Otra porción importante de la dieta está representada por los aportes de fauna exógena, es decir, elementos terrestres que caen en la superficie del agua o que viven en las macrofitas (FIPA-UNAC 2005). Esto es una constante en muchas partes del mundo, por ejemplo, en pequeños arroyos de Argentina, donde, en términos de biomasa, la dieta de *O. mykiss* estuvo compuesta principalmente por trituradores, lo cual enfatiza el papel del detritus vegetal; los elementos terrestres representaron sólo el 5 y el 4% del número total de presas y la biomasa, respectivamente (Buria *et al.* 2009).

Es igualmente interesante agregar que otros organismos abundantes en el reservorio, como cladóceros, copépodos y anfípodos, también pueden favorecerse de la materia orgánica del medio, pues también incluyen en su dieta al detritus (Brusca & Brusca 2003), que ayudaría a elevar su número, biomasa y disponibilidad para los alevines.

En los tractos digestivos de los dos periodos en las dos dietas también prevalecieron zoopláncteres de Cladóceras y Copépoda, aunque en orden y porcentajes diferentes, acompañados principalmente de Amphipoda e Insecta en distintas fases de desarrollo. El 18,6% general de Crustacea contrasta con el 85,0% de estos organismos en la dieta de *O. mykiss* en el lago de Tota (Boyacá) (Mora *et al.* 1992), donde el mayor aporte (70,0%) de crustáceos fue de Daphnidae (Cladóceras), a diferencia de los insectos, en mínima proporción. Lo obtenido concuerda con lo reportado por Rojas (2008), pues señala que dentro de los hábitos alimentarios de *O. mykiss* figuran estos taxa.

El análisis gravimétrico también mostró que la segunda categoría, después de Insecta, fue Crustacea, muchos de cuyos representantes pueden aportar un peso alto, correspondiente a estructuras poco digeribles, como el caparazón de los cladóceros (Mora *et al.* 1992).

En alevines de *C. carpio carpio* mantenidos en jaulas en el mismo reservorio (Laverde (2010), los porcentajes más altos también fueron de Cladóceras y Copépoda (16%), y Chironomidae y Gasteropoda (14%), semejante a este trabajo, pese a tratarse de épocas y especies ícticas diferentes, lo cual hace suponer que el reservorio mantiene una oferta trófica relativamente homogénea, incluso

bajo la influencia de periodos climáticos extremos como El Niño y La Niña. Allí mismo Aconcha & Suárez (2005) y Londoño & Tovar (2011) hallaron una gran variedad de los organismos mencionados, además de Rotifera, y habitualmente macrofitas acuáticas flotantes, como *Azolla* sp., *Lemna* sp. y *L. laevigatum*.

También hay similitud a lo observado en Argentina, donde se han descrito las redes tróficas en ambientes acuáticos representativos y la evaluación del rol trófico de las truchas y de sus potenciales impactos a escala comunitaria (Lancelotti 2009). En realidad los grupos mencionados son muy frecuentes en ambientes lénticos (Arboleda 2006, Roldán & Ramírez 2008) y presas comunes de *O. mykiss* (Froese & Pauly 2012).

La familia Formicidae, *i. e.* hormigas, no representó una subvención significativa para la población de alevines y tal vez llegó al cuerpo de agua y a las jaulas con las macrofitas flotantes que derivan permanentemente por el reservorio (Laverde 2010). En los sistemas lénticos, incluyendo los conectados con sistemas fluviales, los recursos alóctonos toman gran importancia (Araya 2000); así también lo reseñaron Palma *et al.* (2002) en la dieta de *O. mykiss* en el humedal Nonguen (Chile), de baja intervención antropogénica chileno, por la gran cantidad de insectos de Leptophlebiidae y Baetidae (Ephemeroptera), Gripopterygiidae (Plecoptera) y Sericostomatidae, e Hydropsychidae (Trichoptera). De igual manera, Hernández (2009) encontró mayoría de insectos (Chironomidae) en la alimentación de la trucha común (*Salmo trutta*) en varios ríos españoles.

Los escasos ejemplares de Nematoda que aparecieron en los tractos digestivos de los alevines del reservorio, en principio no deben considerarse como ítems alimentarios, por la posibilidad de tratarse de parásitos. En todo caso, por su estado no pudieron diferenciarse a niveles taxonómicos inferiores.





**Fig. 13.** Algunos componentes del contenido del tracto digestivo de los alevines de *O. mykiss*. A: Detritus, B: Cladocera, C: Coleóptera, D: Odonata, E: Amphipoda, F: Formicidae, G: Chironomidae, H: Copepoda.

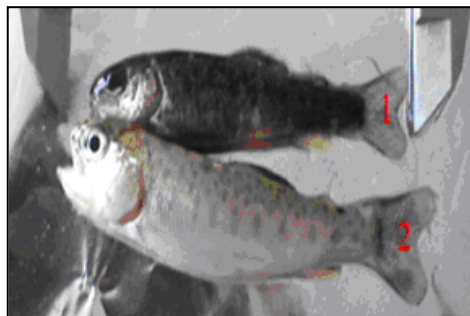
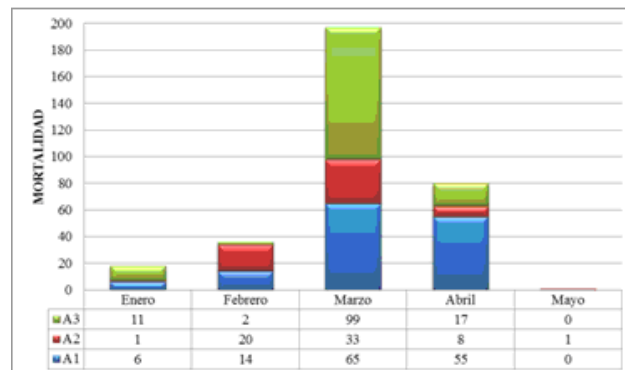
**Tabla 14.** Frecuencia de Ocurrencia (FO), Frecuencia Numérica (FN), Gravimetría (G) e Índice de Importancia Relativa (IIR) de los grupos encontrados en el tracto digestivo de *O.mykiss*

Periodo	Tratamiento	Ítem (grandes grupos)																		
		Crustacea				Molusca				Insecta				Nematoda				Detritus		
		FO	FN	G	IIR	FO	FN	G	IIR	FO	FN	G	IIR	FO	FN	G	IIR	FO	G	IIR
12.Ago-01.Sep.11	AV	68	96	34	23	2,9	0,20	0	0	29	2,4	4,1	1,2	5,8	0,5	0	0	70	62	44
	T+AV	71	97	11	7,3	0	0	0	0	22	2,3	1,3	0,3	4,8	0,3	1,1	0,1	95	81	77
27.Sep-08.Oct.11	AV	85	98	69	59	3,3	0,04	0	0,01	56	1,2	17	14	0	0	0	0	45	11	4,9
	T+AV	81	99	22	18	2,6	0,03	0	0	78	0,9	2,3	1,3	0	0	0	0	87	80	69

## 5.4 Fase laboratorio.

### 5.4.1 Supervivencia.

De los 266 individuos mantenidos en cada uno de los dos acuarios con alta densidad (A1 y A3) se registró una supervivencia total de 47,4% (126) y 47,5% (127), respectivamente. En el de densidad óptima (120 individuos, A2) fue de 51,5% (62). La mayor mortalidad (200 individuos) se registró en febrero y la menor (1 individuo) en mayo (Fig. 14). En marzo se atribuyó a la acidificación del agua, cuyo pH llegó 5,60 en los tres acuarios, durante un periodo aproximado de tres horas, ocasionándoles estrés ácido. Este efecto se evidenció por los síntomas asociados, como toma inadecuada de oxígeno, pérdida del apetito, enrojecimiento de las branquias y oscurecimiento de la epidermis (Kakizawa *et al.* 1996, Álvarez 2007), siendo éste uno de los más notorios. La prueba t de Student no arrojó diferencias significativas entre los pesos de los alevines muertos (promedios 1,59 g A1; 1,41 g A2; 1,71 g A3) durante el periodo de acidificación del agua en los tres acuarios:  $t=1.992$  y  $p= 0.238$  A1 vs. A2;  $t=1.997$  y  $p= 0.07$  A2 vs. A3;  $t=1.984$  y  $p= 0.349$  A1 vs. A3.



**Fig. 14.** Mortalidad (n) de los alevines de *O. mykiss* durante el ensayo en los tres acuarios en 2012. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima. Se muestran especímenes con síntomas de acidosis: 1.

Oscurecimiento epidérmico. 2. Enrojecimiento branquial.

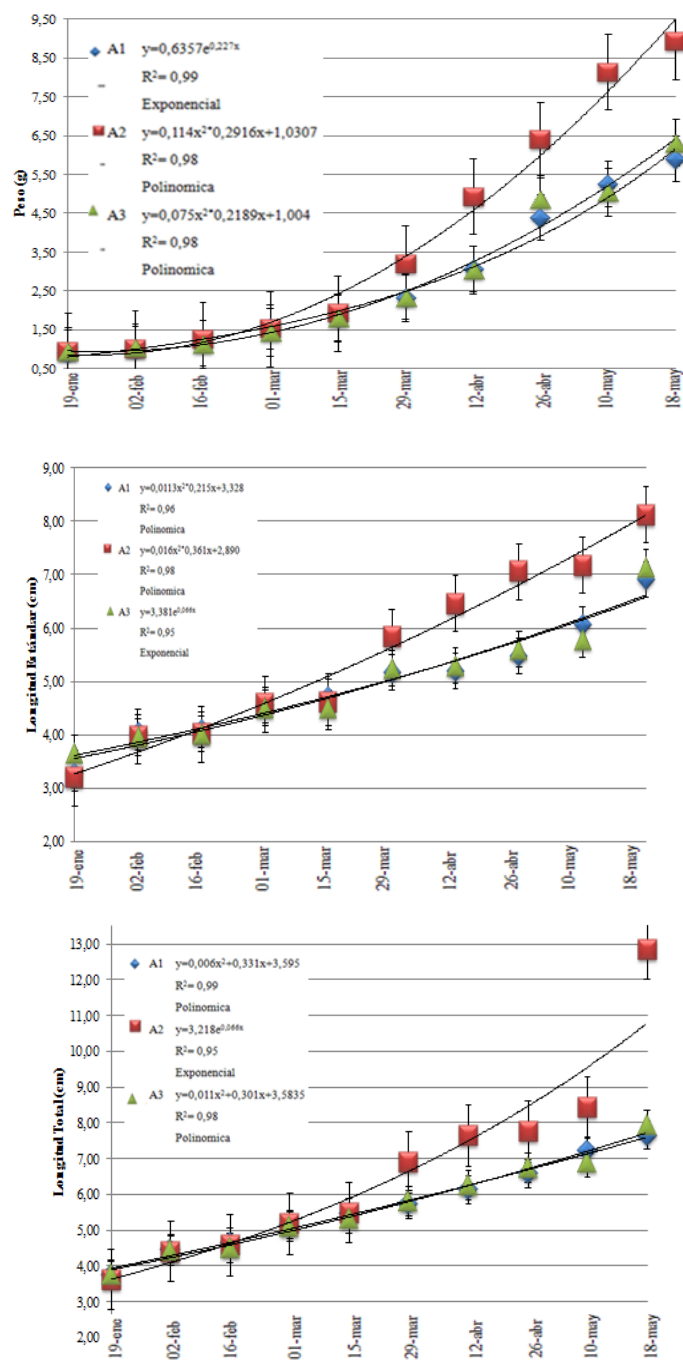
#### 5.4.2 Modelos de peso vs. Longitud.

Las curvas que mejor se ajustaron a los datos fueron de tipo exponencial para A1 ( $R^2= 0,99$ ) y polinómico para A2 y A3 ( $R^2= 0,99$ ). Los dos últimos casos coincidieron con lo reportado por Morales & Quirós (2007), aunque con un  $R^2= 0,75$ . Se observó un mayor aumento del peso en A2 (densidad óptima) en relación con A1 y A3 (densidad alta); aun así, sin diferencias significativas (ANOVA  $P=0,67$ ,  $p= 0,05$ ). (Fig. 15).

Tampoco hubo diferencias significativas, al considerar las longitudes estándar y total (ANOVA  $P= 0,59$  y  $0,96$ , respectivamente), las cuales respondieron más a modelos polinómicos que exponenciales, aunque en todos los casos el coeficiente de determinación fue alto ( $R^2= 0,95-0,99$ ). Lo precedente indica que las densidades no afectaron el crecimiento de los alevines. En otros estudios se han obtenido funciones exponenciales, como el de Montaña (2009) relacionado con el crecimiento de alevines de *O. mykiss* en sistemas de recirculación.

Como los demás modelos de crecimiento, las funciones polinómicas se usan para tratar de predecir el peso adulto o el grado de madurez, sin tener que realizar mediciones repetidas o esperar a la madurez de los organismos, para tomar decisiones relacionadas con la producción (Moore 1985, Agudelo *et al.* 2008). Esto se relaciona con el nivel proteico dietario, por lo que los modelos ayudan a conocer el nivel óptimo y el rango mínimo de proteína para obtener el máximo crecimiento de los juveniles (Robbins *et al.* 2006); aunque la selección de tal nivel óptimo implica balancear los costos biológicos con los productivos, informados por los indicadores de condición y de utilización del alimento (Shearer 2000).

Transcurrida la evaluación de cuatro meses, el crecimiento de los alevines llegó a lo esperado para juveniles de *O. mykiss*, según lo reportado por CEDEP *et al.* (2009) y Alvarado (1999): ca. 10 g y longitud total de 12 cm, en el mismo periodo de tiempo.

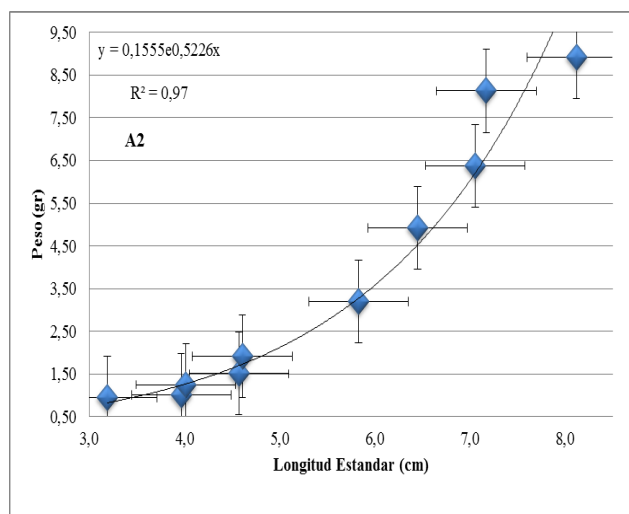
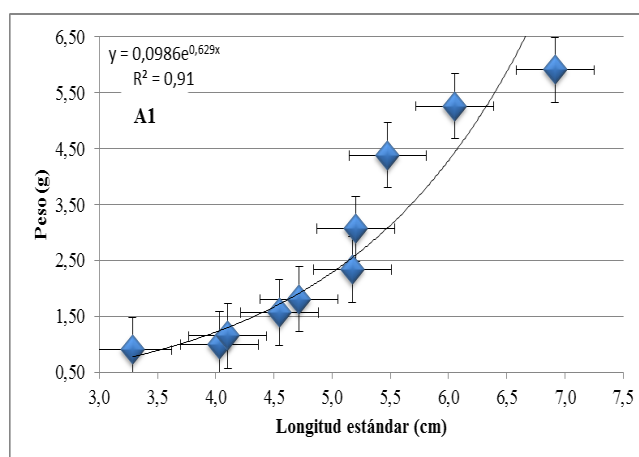


**Fig. 15.** Modelos de peso (g) vs. Longitudes estándar y total (cm) de *O. mykiss* en los acuarios. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima.

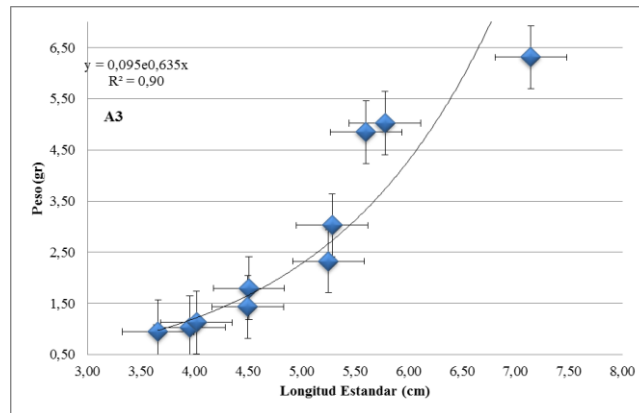
### 5.4.3 Relación peso vs. Longitud estándar.

En esta relación se escogió la longitud estándar, pues para los estudios de crecimiento de peces teleósteos y de aguas continentales, esa medida da una mayor precisión (Robles 2011).

El peso y la longitud estándar promedio inicial y final por acuario aumentaron así: A1= 0,90 a 5,91 g y 3,28 a 6,92 cm; A2= 0,95 a 8,92 g y 3,19 a 8,12 cm; A3= 0,95 a 6,32 g y 3,66 a 7,15 cm. Las funciones con los coeficientes de determinación más elevados fueron: exponencial para los peces de los acuarios A1 ( $R^2= 0,92$ ) y A2 ( $R^2= 0,98$ ), y potencial para A3 ( $R^2= 0,93$ ) (Fig. 16). Para *O. mykiss* en jaulas flotantes Morales (2004) igualmente reportó funciones potenciales ( $R^2= 0,89$ ), y en sistemas de recirculación Figueroa *et al.* (1996) y Montaña (2009) exponenciales ( $R^2= 0,64$ ), y Ergun *et al.* (2003) potenciales ( $R^2= 0,05$ ).







**Fig. 16.** Relación entre el peso (g) y la longitud estándar (cm) de *O. mykiss* en los acuarios. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima.

Se ha demostrado que la densidad de cultivo de *O. mykiss* en acuarios (Alvarado 1997a&b) y diferentes tipos de estanques (Kebus *et al.* 1982, Alvarado 1999) no afecta su crecimiento, ni la respuesta al estrés, igual a lo observado en este ensayo con alevines, aunque pudo haber algún efecto, pues el crecimiento de los especímenes de los acuarios A1 y A2 (densidad alta) fue alométrico ( $b= 0,63$  y  $0,52$ , respectivamente), *i. e.*, no aumentaron en la misma proporción, tanto en peso como en talla. En A3 fue isométrico ( $b= 3,30$ ) *i. e.*, no cambiaron la forma del cuerpo ni su gravedad específica (Ricker 1975). El crecimiento isométrico también fue reportado en alevines y juveniles capturados en ríos de Argentina (Barros & Gonzo 2009) y de España (Hernández 2009), en alevines en jaulas flotantes en Perú (CEDEP *et al.* 2010) y juveniles en un sistema cerrado de recirculación y en canales de corriente rápida en México (Armendáriz 2009). En ese mismo país se reportó el crecimiento alométrico de alevines capturados en un arroyo.

#### 5.4.4 Relación entre las variables físico-químicas y el crecimiento.

**Temperatura & O<sub>2</sub> disuelto.** Como era de esperarse, estas variables mostraron una relación inversa (Fig. 18), como también lo describió Buenaño (2010) para un sistema de producción de trucha en Ecuador. Ni el O<sub>2</sub> disuelto, ni la temperatura, presentaron asociaciones significativas entre los tres acuarios ( $P= 0,65$  y  $0,52$ , respectivamente; ANOVA  $p= 0,05$ ) (Anexo 1). El análisis multivariado tampoco indicó asociaciones relevantes con el crecimiento de los alevinos (Anexo 2).

A lo largo del estudio se presentaron altas temperaturas en los tres acuarios (18,4- 22,4°C), debidas al confinamiento en el laboratorio, lo que parece no haber influido en el crecimiento de los alevines, aunque el factor térmico (rango óptimo 18,00-20,00°C) es muy importante en su desarrollo, incluso en la cría industrial (Blanco 1999, FIPA-UNAC 2005, Betancur *et al.* 2010). El O<sub>2</sub> disuelto se logró mantener cercano al rango óptimo (6,50-9,00 mg/l) para la especie (Betancur *et al.* 2010).

**pH & dureza.** Suele haber una relación entre estas variables, de modo que las aguas blandas suelen ser más ácidas y las duras de neutras a alcalinas (Arboleda 2006, Roldán & Ramírez 2008). No se encontraron diferencias significativas entre los tres acuarios (P= 0,60 0,89 ANOVA p=0,05; pH y dureza, respectivamente) (Anexo 1), pero si correlaciones altas (0,73-0,92) (Anexo 2) con las longitudes total y estándar, y el peso con el pH durante los cuatro meses evaluados (Fig. 17); en efecto, el pH fue el principal causante de la mortalidad ocasional por acidosis en los tres acuarios. Este hecho se manejó mediante bicarbonato de sodio y recambios diarios de agua.

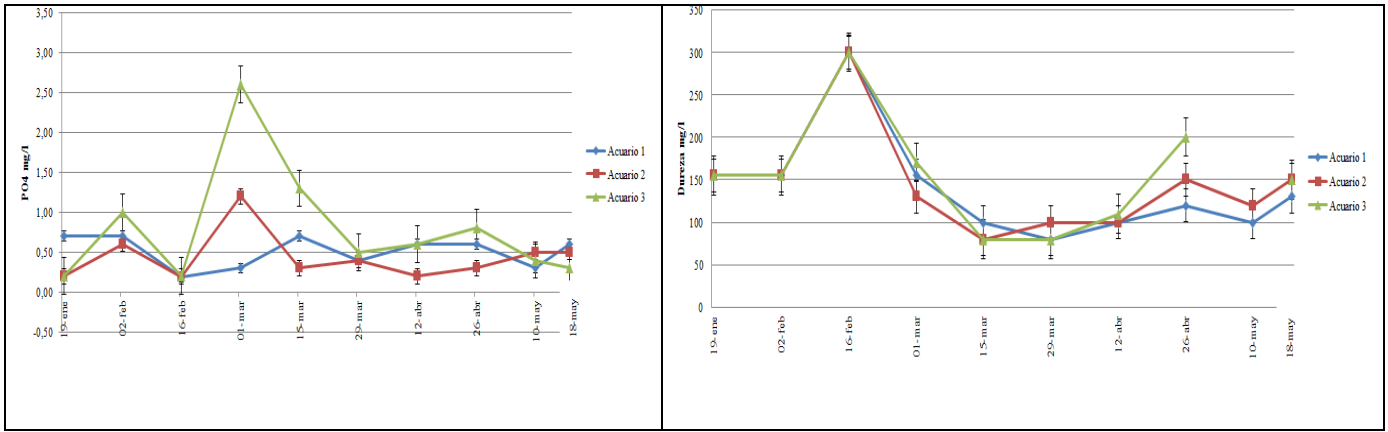
En los tres acuarios las fueron aguas duras, adecuadas para *O. mykiss* (60-300 mg/l) (Nuñez & Somoza 2010). Montaña (2009) obtuvo concentraciones >60 mg/l, sin afectar a los alevines en un sistema de recirculación.

**Compuestos de N y P.** El ACP arrojó asociaciones altas entre las longitudes total y estándar, y el peso, con el NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (0,75-0,81) y el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,66-0,73), así como asociaciones bajas e inversas con el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (-0,25 a -0,39) (Anexo 1). Entre los tres acuarios no se obtuvieron diferencias significativas (P= 0,46 ANOVA p= 0,05) relacionadas con el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y sus altos niveles parecieron no afectar a los peces por varias razones: **a.** Mantenimiento del pH cercano a 7, condiciones en que se encuentra la forma ionizada NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, menos nociva que la no ionizada (NH<sub>3</sub>), altamente tóxica para los peces (Arboleda 2006, Colt 2006). **b.** Concentraciones adecuadas de O<sub>2</sub> disuelto. **c.** Poco tiempo de exposición al NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, por los recambios diarios de agua durante la mayor parte del estudio. Según Klontz (1991), *O. mykiss* puede ser tolerante a altas concentraciones de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, si se manejan adecuadamente la temperatura, el pH y el O<sub>2</sub> disuelto.

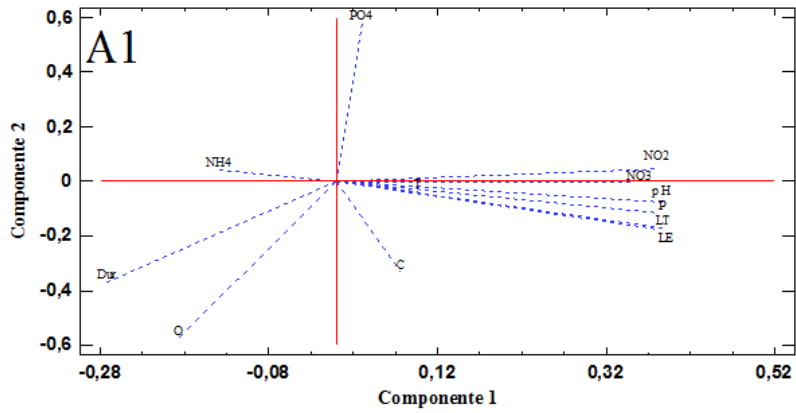
Las concentraciones de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (<0,55 mg/l) y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (<100 mg/l) fueron óptimas (Palma 2005), con excepción del NO<sub>2</sub><sup>-</sup> el 26.Abr.12 en A3 (1,04 mg/l) (Fig. 17), sin ocasionar efecto aparente en los individuos.

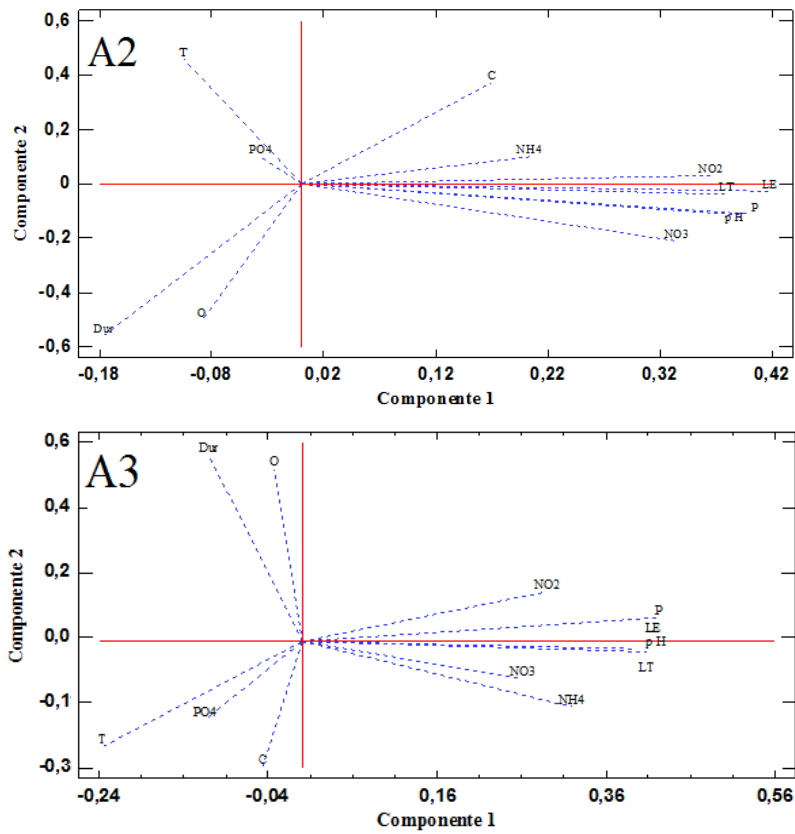
*O. mykiss* es altamente sensible a altos niveles de fosfatos, pues le producen necrosis y alteraciones en el funcionamiento de las branquias (Wang & Huang 1999). El promedio en los tres acuarios fue 0,57 mg/l y la mayoría de concentraciones <1,00 mg/l (Fig. 17), dentro del rango óptimo para la especie (0,600-1,50 mg/l) (Rojas *et al.* 2008), excepto un valor alto en A3 el 01. Abr.12, que no afectó los peces, puesto que el tiempo de exposición fue corto. No hubo diferencias significativas entre los acuarios debidas al  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $P=0,17$ , ANOVA  $p=0,05$ ), ni entre éste, las longitudes total y estándar, y el peso de los peces (Anexo 1).





**Fig. 17.** Variación de las variables físico-químicas durante el ensayo con alevines de *O. mykiss* en los tres acuarios. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima.





**Fig. 18.** ACP aplicado a las variables físico-químicas y de crecimiento de los alevines de *O. mykiss* en los tres acuarios. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima.

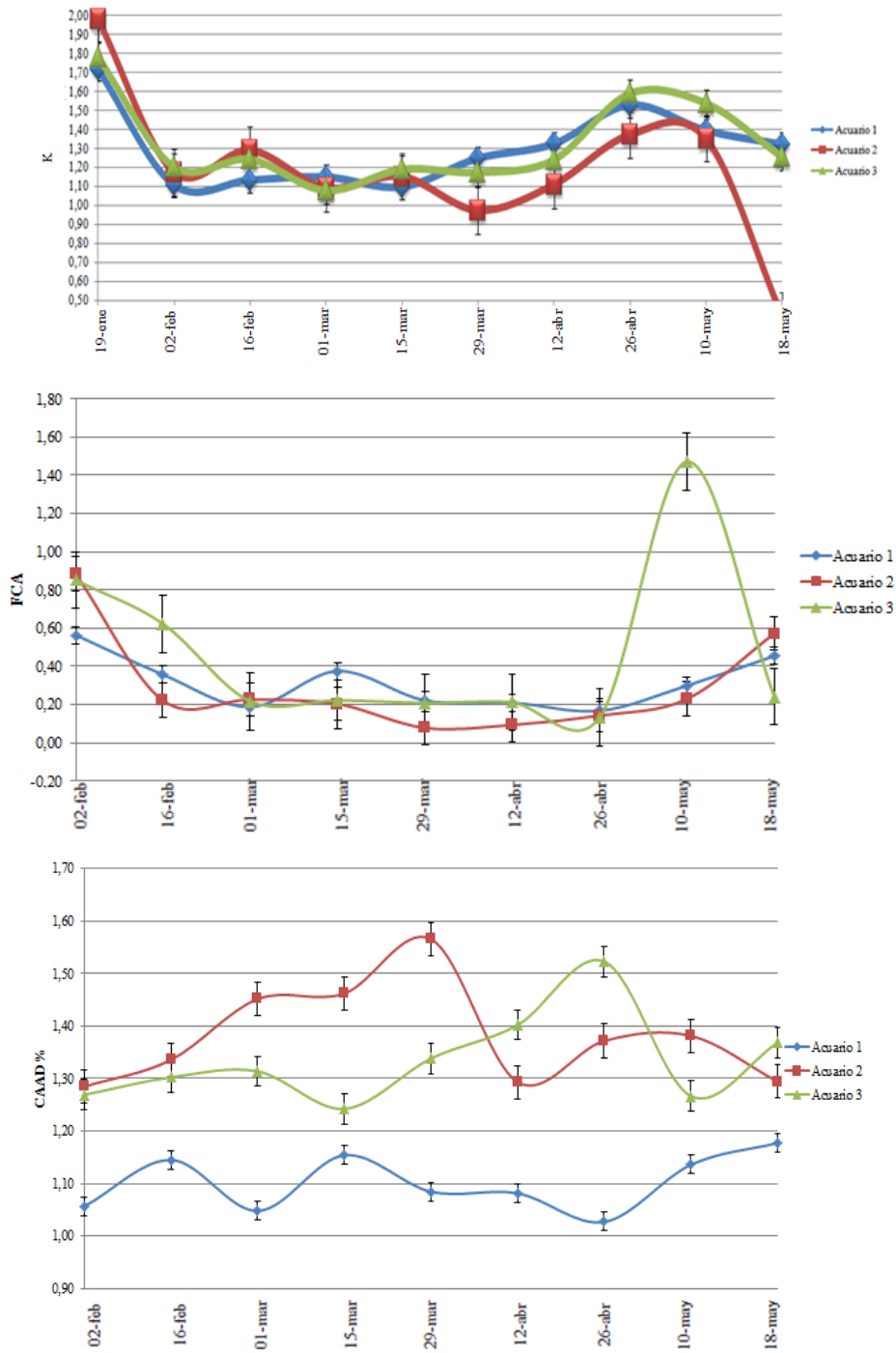
#### 5.4.5 Aspectos nutricionales.

El factor de condición (K) fue parecido en los tres acuarios: A1= 1,30, A2= 1,19 y A3= 1,23 (Anexo 3), indicando que los alevines de *O. mykiss* fueron alimentados adecuadamente y convirtieron el alimento consumido, manteniendo así una buena nutrición asociada al buen manejo en la calidad del agua, pues K varió entre 1,0 y 1,4 durante la mayor parte del ensayo (Fig. 19).

Análogo a esto, Alvarado (1997a, 1977b y 1998) estimó K entre 1 y 2, y Montaña (2009) entre 0,90 y 1,57, también para alevines de *O. mykiss* en acuarios y sistemas de recirculación, respectivamente. En un criadero venezolano, K varió entre 0,80 y 1,40 (Bastardo 2003). La prueba t de Student no arrojó diferencias significativas (K) en los tres acuarios: A1 vs. A2 ( $t= 2,17$   $p= 0,18$ ); A1 vs. A3 ( $t= 2,1$   $p= 0,77$ ); A2 vs. A3 ( $t= 2,14$   $p= 0,34$ ) (Anexo 4). Lo anterior confirma lo reportado por Alvarado (1999) y Kebus *et al* (1982), referente a que las densidades no afectan el crecimiento de los organismos.

Al inicio y al final del ensayo el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) indicó buena conversión del alimento (mejor estado) (Fig. 19). Los promedios generales del FCA fueron: A1= 0,31; A2= 0,29 y A3=0,46 (Anexo 5), por debajo del rango para alevines de *O. mykiss* referido por Choquehuayta (2008) (0,50-0,80) y por Montaña (2009) (0,68-0,95), criados en estanques y en tanques con recirculación, respectivamente. Tales valores podrían atribuirse a la diferencia de sistemas, además de la temperatura del laboratorio y al pH con tendencia ácida, que puede causar la pérdida del apetito, por la acidosis que llega a generar (Kakizawa *et al.* 1996, Álvarez 2007). Aún así, para el FCA no se encontraron diferencias significativas ( $P=0,38$  ANOVA  $p=0,05$ ) (Anexo 6), lo cual indica que las densidades no lo afectaron.

Los promedios del Consumo Aparente de Alimento Diario (CAAD) fueron: A1= 1,10; A2= 1,38; A3= 1,34, con tendencia a los valores más bajos en A1 y A3, relacionados al exceso poblacional, que da lugar a una competencia por espacio vital y alimento (Alvarado 1999, Bagley *et al.* 2003, Choquehuayta 2008 Trzebiatowski *et al.* 2003) y la influencia negativa de la temperatura (Vélez *et al.* 2003). Esto ayuda a explicar las diferencias altamente significativas del CAAD entre los tres acuarios ( $p= 9,06E^{-07}$  ANOVA  $p=0,05$ ) (Anexos 7). Figueroa *et al* (1996) obtuvieron valores de CAAD entre 2,00 y 2,84, atribuibles a los mayores tamaños de *O. mykiss* en los sistemas de recirculación que evaluaron.



**Fig. 19.** Factor de condición (K), Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y Consumo Aparente de Alimento Diario (CAAD) (%) en los alevines de *O. mykiss* en los tres acuarios. A1 y A3 densidad alta, A2 densidad óptima.

Los aspectos nutricionales se reflejaron en la ganancia en peso y longitudes total y estándar, y el aumento de la TEC, pues fueron mayores en A2 (7,98 g; 4,93 cm; 4,93 cm; 1,86 %/día) que en A1 (5,01 g; 3,63 cm; 3,63 cm; 1,55 %/día) y A3 (5,37 g; 3,50 cm, 3,5 cm; 1,58 %/día), sin diferencias estadísticas significativas, como ya se aclaró. También con alevines de *O. mykiss*, Karabulut *et al.* (2010) obtuvieron 2,89 %/día en tanques, Morales (2004) 3,35 %/día en jaulas-estanques y Montaña (2009) >5,00 %/día en sistemas de recirculación y Alvarado (1999) 1,76 %/día en estanques. Según esta información, todo depende del tipo de sistema y densidades en que se mantengan los peces, como ya es conocido (Bastardo 2003, Sloman 2006, Bocek 2007).

#### 5.4.6 Canibalismo.

La conducta caníbal es normal y frecuente en los peces, en particular en *O. mykiss*, como estrategia alimentaria que garantiza la sobrevivencia al reducir la competencia intra-específica cuando existe limitada disponibilidad de alimento o gran competencia por éste (Polis 1981, Atencio & Zaniboni 2006). Sin embargo, Pájaro (1998) la consideró como exclusivamente artificial, observable únicamente en condiciones de laboratorio, debido a casos de estrés severos.

En este estudio el canibalismo estuvo representado por ataques de efecto parcial en bajo porcentaje (0,75% en densidades altas, ninguno en óptima) (Fig. 20), atribuible a una adecuada alimentación y bajos niveles de estrés a los que estuvieron sometidos los alevines de *O. mykiss*, pese a ser una especie altamente agresiva (Atencio & Zaniboni 2006). Alvarado (1999) evaluó el porcentaje de canibalismo en alevines de *O. mykiss* en diferentes densidades y tipos de estanques, registrando 6% en las densidades óptimas y hasta 20% en las más altas (400 Ind./m<sup>3</sup>) y una correlación positiva entre canibalismo y densidad.



**Fig. 20.** Canibalismo parcial en alevines de *O. mykiss* (flecha roja) mantenidos en los acuarios de alta densidad.



## 6. CONCLUSIONES.

### 6.1. Fase reservorio

- La aplicación de glifosato en inmediaciones del reservorio afectó al 100% de los alevines de *O. mykiss* ocasionándoles la muerte, hecho inequívoco de su intolerancia a ese herbicida, por lo menos en la concentración aplicada (74,4%). Algo análogo podría decirse de la mortalidad general por la influencia de las lluvias y granizo durante La Niña.
- El mayor crecimiento se registró en los alevines nutridos con Truchina 45% y alimento vivo (T+AV), debido a la complementariedad que significa el concentrado suministrado.
- Los mayores incrementos en los atributos de crecimiento y el factor de condición se obtuvieron en el periodo de mayor pluviosidad, posiblemente por el aumento de alimento disponible en el medio.
- El espectro trófico de los alevines de *O. mykiss* en el reservorio se basó en detritus y crustáceos (cladóceros, copépodos y anfípodos) principalmente; con un mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia, gravimetría e índice de importancia relativa de estos ítems.
- La presencia de las presas mencionadas en los 400 tractos digestivos examinados, además del crecimiento sustancial de los alevines en los dos periodos evaluados, se consideran indicios de que el cuerpo de agua ofreció buenas condiciones para su desarrollo.

### 6.2. Fase laboratorio

- La predominancia de modelos polinómicos en el crecimiento indicó que las densidades no afectaron el crecimiento de los alevines, y que la proteína suministrada fue adecuada para un buen crecimiento. Sin embargo, su número tuvo alguna influencia, sugerida por el crecimiento alométrico en los acuarios con mayores densidades.
- La poca influencia de las densidades en el crecimiento fue corroborada por el factor de condición y el factor de conversión alimenticia, como se ha observado en otros estudios.
- El bajo porcentaje de canibalismo se atribuyó a una adecuada alimentación y a un bajo nivel de estrés, aunque en las mayores densidades pudo aumentar, si se considera el crecimiento alométrico de los alevines en los dos acuarios valorados.

- La mayoría de variables físico-químicas contempladas estuvieron dentro de los rangos que tolera *O. mykiss*, aunque el pH y los compuestos nitrogenados presentaron el mayor rango de variación, tuvieron una mayor asociación con el crecimiento de los alevines. La temperatura pudo ocasionar los bajos niveles de consumo aparente de alimento diario, debido a alteraciones metabólicas.
- La supervivencia en este ensayo posiblemente se vio afectada por la acidificación del agua, ocasionada por el estrés ácido que sufrieron los individuos. El peso de los organismos muertos no mostró diferencias significativas, dando a entender que esta variable no discriminó mayor o menor biomasa.

## **7. RECOMENDACIONES.**

- El mantenimiento de alevines de *O. mykiss* en condiciones de laboratorio y aún en sistemas al aire libre, evidentemente es una tarea dispendiosa. Por lo tanto, en estudios futuros debe tecnificarse más el suministro y recambio de agua, y realizar un seguimiento más minucioso de las variables abióticas y climáticas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

1. Abarca F. 2005. Técnicas para la evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. Arizona Game and Fish Department, Arizona, 123-128.
2. Aconcha I & Suárez JP. 2005. Variación nictimeral 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. Agudelo DA, Cerón MF & Restrepo LF. 2008 Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 21: 39-58.
4. Alvarado H. 1997a. Efecto de diferentes concentraciones de calcio sobre el desarrollo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de cultivo. Zootecnia Tropical, 16 (1): 99-111.
5. Alvarado H. 1997b. Efecto de tres concentraciones de calcio en el agua sobre algunos parámetros hematológicos de la trucha arcoíris. Veterinaria Tropical, 22(1): 5-12.
6. Alvarado H. 1999. Crecimiento y sobrevivencia de la trucha arcoíris cultivada en diferentes tipos de estanques y densidades. Veterinaria Tropical, 24 (2): 121-129.
7. Álvarez R. 2007. Asociaciones y patologías en los peces dulceacuícolas, estuarios y marinos de Colombia: aguas libres y controladas. Historia Natural, 11 (1):81-90.
8. Araya E. 2000. Estudios de colonización en sustratos artificiales por macroinvertebrados bentónicos en un ecosistema fluvial de baja intervención antrópica, estero Noguén. Trabajo M. Sc., Mención Zoología, Programa de Zoología, Universidad de Concepción, 128 p.
9. Arboleda D. 2006. Limnología aplicada a la acuicultura. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria, 7(11): 1-24.
10. Armendáriz NI. 2009. Evaluación del desempeño productivo de una línea genética seleccionada de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) cultivada en dos sistemas intensivos. Tesis Maestría en Biología. División de Ciencias Biológicas de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, 96 p.
11. Austin A. 1997. Impact of an organophosphate herbicide (glyphosate) on periphyton communities developed in experimental streams. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 241 (1): 29-35.

12. Atencio V & Zaniboni E. 2006. El canibalismo en la larvicultura de peces. Revista MVZ Córdoba, 11 (1): 9-19.
13. Bagley M, Bentley B & Gall G. 2003. A genetic evaluation of the influence of stocking density on the early growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 121(4): 313-326.
14. Barros E & Gonzo M. 2009. Poblaciones de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Puna de Argentina: Bases ecológicas para su manejo. Producción Animal, (2): 1-11.
15. Bastardo H. 2003. Crecimiento de truchas todas hembras y de ambos sexos en un criadero Venezolano. Zootecnia Tropical, 21(1): 17-26.
16. Betancur J, Rivera C, Echeverri V, Cardona H & Taborda C. 2010. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la trucha arcoíris en el departamento de Antioquia. Informe. Ministerio de agricultura y desarrollo rural, Universidad del Valle, ASOACUICOLA. Bogotá D.C., Colombia. 220 p.
17. Blanco C. 1999. La trucha, cría industrial. Segunda Ed., Madrid, 238 p.
18. Bocek A. 1999. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural: El cultivo de peces en jaulas. Aquaculture, 12 p.
19. Bocek A. 2007. Acuicultura. Aquaculture, 2: 1-5.
20. Brenner T & Referat F. 1994. Las pesquerías de aguas continentales frías en América Latina. COPESCAL, (7):1-32.
21. Buenaño M. 2010. Hemograma de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. Serie Zoológica, (6): 1-14.
22. Buria LM, Albarino RJ, Modenutti BE & Balseiro EG. 2009. Temporal variations in the diet of the exotic rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in an Andean-Patagonian canopied stream. Revista Chilena de Historia Natural, 82(1): 3-15.
23. Brusca RC y Brusca GJ. 2003. Invertebrates. 2<sup>da</sup>. Ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland, 895 p.
24. CEDEP, MDR & ANTAMINA. 2009. Manual de crianza trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Informe Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación, Municipalidad Distrital Ragash y Cía. Minera Antamina, Ragash, 25 p.
25. Choquehuayta H. 2008. Manual de crianza de truchas en estanques y lombricultura. Proyecto Corredor Puno-Cusco. Puno, 91 p.
26. Colt J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. Aquacultural Engineering, 34(3): 143-156.

27. Compagnucci L, Semenas L & Ubeda C. 1992. Nutrición y alimentación en pisciculturas rurales. *Revista Argentina de Producción Animal*, 12(1): 95-113.
28. Cornel G & Whoriskey F. 2003. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage cultured on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, (2): 101-117.
29. Cox C. 1998. Glyphosate (Roundup). *Pestic Reform*, 18: 3-17.
30. Darnell RM. 1967a. The organic detritus problem, p. 374-375. En: Lauff GM (Ed.). *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, 83: 1-757.
31. Darnell RM. 1967b. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem, p. 397-407. En: Lauff GM (Ed.). *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, 83: 1-757.
32. De Silva SS y Soto D. 2009. El cambio y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación, p. 169-236. En: Cochrane K, De Young C, Soto D y Bahri T. (Eds). *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma, FAO.
33. Eldar A. & Ghittino C. 1999. *Lactococcus garvieae* and *Streptococcus iniae* infections in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: similar, but different diseases. *Disease of Aquatic Organisms*, (36): 227-231.
34. Elvira B & Almodóvar A. 2007. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. *Trofeo Pesca*, (154): 164-165.
35. Ergun S, Yigit M & Turker A. 2003. Growth and feed consumption of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to different photoperiods. *The Israeli Journal of Aquaculture*, (2): 132-138.
36. ESACUA. 2010. Informe acuicultura continental. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino Gobierno de España y Fondo europeo de pesca. Madrid, 48 p.
37. Figueroa J., Valdivia H., Lastiri L & Campos R. 1996. Evaluación del crecimiento, factor de conversión de alimento y calidad del agua del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en un sistema cerrado. *Hidrobiología*, (1-2): 53-85.
38. Guillaume J, Kaushik S, Bergot P & Metailler R. 2003. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Paris, 458 p.

39. Hernández J. 2009. Biología de la alimentación de la trucha común (*Salmo trutta* Linné, 1758) en los ríos de Galicia. Universidad de Santiago de Compostela. Primera Ed. Santiago de Compostela, 547 p.
40. Holm J, Refstie T & Bo S. 1990. The effect of fish density and feeding regimes on individual growth rate and mortality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Journal*, (3): 225-232.
41. Hudson D. 1998. *The Physiology of Fishes*. 2a. Ed. CRC Press, Boca Raton, 519 p.
42. INP. 1995. Cultivo experimental de la trucha arco iris en jaulas flotantes en la presa Pucuato Hidalgo, Michoacán. Informe Centro Regional de Investigación Pesquera. Pátzcuaro Michoacán, México, 8 p.
43. Kakizawa S, Kaneko T & Hirano T. 1996. Elevation of plasma somatolactin concentrations during acidosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *The Journal of Experimental Biology*, 1: 1043-1051.
44. Karabulut H., Yandi I & Aras M. 2010. Effects of different feed and temperature conditions on growth, meat yield, survival rate, feed conversion ratio and condition factor in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (22): 2818-2823.
45. Kebus M, Collins M, Brownfield S, Amundson T, Kayes B & Malisson J. 1982. Effects of rearing density on the stress response and growth of rainbow trout. *Journal of Aquatic Animal Health*, 4 (1): 1-6.
46. Kilambi R, Adams J, Bronw A & Wickizer A. 2011. Effects of stocking density and cage size on growth, feed conversion, and production of rainbow trout and channel catfish. *The Progressive Fish-Culturist*, (2): 62-66.
47. Klontz W. 1991. Fish for the future: concepts and methods of intensive aquaculture. *Wildlife and range sciences*, 32: 493-497.
48. Larenas J., Contreras S, Oyanedel M, Morales A & Smith P. 1997. Efecto de la densidad poblacional y temperatura en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) inoculadas con *Piscirickettsia salmonis*. *Arch. Med. Vet.*, (1): 113-119.
49. Lancelotti JL. 2009. Caracterización limnológica de lagunas de la Provincia de Santa Cruz y efectos de la introducción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) sobre las comunidades receptoras. Trabajo Doctor en Biología. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, 122 p.

- 50.Laverde A. 2010. Evaluación del crecimiento de la carpa común (*Cyprinus carpio carpio*, Linnaeus, 1758) en jaulas flotantes en un reservorio artificial rural en el municipio de Cajica (Cundinamarca), Colombia. Trabajo de Grado programa de Biología aplicada, facultad de ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogota D.C. Colombia, 92 p.
- 51.Lennquist A, Celander M & Förlin L. 2008. Effects of medetomidine on hepatic EROD activity in three species of fish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69(1): 74-79.
- 52.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 Acuicultura. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, 9 p.
- 53.López R & Proessel O. 2011. Ictiopatología en salmónidos. Seminario Internacional de truchicultura 2011 “claves en el desarrollo de la truchicultura Chilena”. Bogota, Cundinamarca Septiembre 6 y 7 de 2011.
- 54.Lozada G. 2002. Estudio de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en la precipitación de la región Centro-Occidental de Venezuela. *Revista de Agrometereología*, 10: 123-129.
- 55.Martino D. 1995. El herbicida glifosato: su manejo más allá de la dosis por hectárea. INIA Serie Técnica, (61): 1-26.
- 56.Mehrabi Z, Firouzbakhsh F & Jafarpour A. 2011. Effects of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, (3): 1-8.
- 57.Merino C. 2005. El cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Informe INCODER. Bogota D. C., 6 p.
- 58.MINAGRICULTURA 2009. Trucha arco iris en Colombia: Informe estructura y costos de producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia., Bogotá D. C., 24 p.
- 59.Meixner DP. 2007. Determinación de la dosis letal de una cepa nacional de *Flavobacterium psychrophilum* en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de Grado Medicina Veterinaria. Instituto de Patología Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 33 p.
- 60.Montaña C. 2009. Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de Grado

- Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., 76 p.
61. Moore AJ. 1985. A mathematical equation for animal growth from embryo to adult. *Animal Production*, 40: 441-453.
  62. Mora G, Téllez L, Cala P, Guillot G. 1992. Estudio Bioecológico de la ictiofauna del lago de Tota (Boyacá-Colombia), con énfasis en la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*. *Revista Colombiana de Ciencias*, 18: 409-422.
  63. Morales G. 2004. Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. Trabajo de Grado Programa de Ingeniería, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 51 p.
  64. Morales G & Quirós R. 2007. Desempeño productivo de la trucha arcoíris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, (4): 119-127.
  65. Núñez P & Somoza G. 2010. Guía de buenas prácticas de producción acuícola para trucha arcoíris. Agencia de Desarrollo Económico del Neuken y SENASA. Buenos Aires, 65 p.
  66. Odum EP & De La Cruz A. 1963. Detritus as major components of ecosystems. *American Institute of Biological Sciences Bulletin*, 13(3): 39-40.
  67. Ortiz J, Saltos N, Giacometti J, Arrobo A, Peñafiel C & Falconi R. 2007. Alternativas alimenticias para el cultivo de *Colossoma macropomum* en jaulas flotantes. *Zoología*, (3): 72-81.
  68. Pájaro M. 1998. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta Argentina (*Engraulis anchoíta*). Su relación con la estrategia reproductiva de la especie. Trabajo de Grado, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional del Mar del Plata, Mar de la Plata, 297 p.
  69. Palma A, Figueroa R, Ruiz V, Araya E, Bérrios P. 2002. Composición de la dieta de *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) (Pisces: Salmonidae) en un sistema fluvial de baja intervención antrópica: estero Nonguen, VIII región, Chile. *Guayana*, 66(2): 129-139.
  70. Palma P. 2005. Ensayo en micro núcleos en eritrocitos de *Oncorhynchus mykiss* como herramienta para evaluar la exposición a pesticidas potencialmente genotóxicos en el río Traiguén. Trabajo de grado Licenciado en Recursos Naturales, Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Temuco, 130 p.



71. Pineda H, Jaramillo JE, Echeverri DM & Olivera M. 2004. Triploidía en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 17(1): 45-52.
72. Polis G. 1981. The evolution and dynamics of intraespecific predation. Annual Review of Ecology and Systematics, 12: 225-251.
73. Ramírez D., Rondon W., Vidal L & Eslava P. 2009. Toxicidad aguda y lesiones histopatológicas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) expuesta a la mezcla de herbicida Roundup ® mas sulfactante Cosmoflux ® 411F. MVZ Córdoba, (1): 1563-1575.
74. Ramón F & León I. 2008. Efecto de diferentes formulaciones alimenticias a base de materias primas no convencionales de origen animal y vegetal usadas en la alimentación de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792). Trabajo de Grado, Programa Ingeniería Agrónoma, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Mérida, 100 p.
75. Reid D., McDonald D & Rhem R. 1991. Acclimation to sublethal aluminium: modifications of metal-gill surface interactions of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48 (10): 1996-2005.
76. Ricker EW. 1975. Computation and interpretation of biological Statistical of fish populations. Department of the Environment Fisheries and Marine Services, Bulletin 191, Ottawa, Canada, 382 p.
77. Robbins KR, AM Saxton & LL Southern. 2006. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. Journal of Animal Science, 84: 155-165.
78. Robles C. 2011. Protocolo de captura de información pesquera, Biológica y socio-económica en Colombia. Protocolo del Ministerio de Agricultura de Colombia, Bogotá. 47p.
79. Rodríguez H., Victoria P. & Carrillo M. (Eds.). 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Segunda Ed. Bogotá, D. C., 423 p.
80. Rojas R, Jurado M, Quilca R, Obregón C, López E & Verástegui J. 2008. Manual para la producción de truchas en jaulas flotantes. INCAGRO- Inversiones Santa Inés SAC. Huancavelica, Perú, 62 p.
81. Roldán G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN- Colombia. Primera Ed. Bogotá, D. C., 103 p.
82. Roldán G & Ramírez J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Primera edición Medellín, 257 p.

83. Romero J. 2011. Diseño de criaderos y cultivo de truchas y tilapias. Informe final del proyecto de investigación titulado. Lima, 184p.
84. Ruiz G. 1993. Bionomía y ecología poblacional de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), de la sierra de San Pedro Mártir, baja California, México. Trabajo de Grado, doctor en ciencias, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nueva León, Monterrey, 76p.
85. Salas H. J. & Martino P. 2001. Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Lima, 63 p.
86. Salazar C. 1999. Densidad óptima de cría de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes. Trabajo de Grado, Programa de Ingeniería Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, 130p.
87. Sánchez C. 2010. Buenas prácticas en la crianza de truchas. Gerencia Regional de Desarrollo Económico, Junín, 11 p.
88. Sánchez R., Galvis G & Victoriano P. 2003. Relación entre características del tracto digestivo y los hábitos alimentarios de peces del río Yucao, sistema del río Meta (Colombia). *Gayana*, 67 (1): 75-86.
89. Shearer KD. 2000. Experimental design, statistical analysis and modeling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review. *Aquaculture Nutrition*, 6: 91-102.
90. Sloman K A. (Ed.). 2006. Behaviour and physiology of fish. Elsevier/Academic Press, San Diego, 480 p.
91. Tahmasebi A., Keyvanshokoo S., Nematollahi A., Mahmoudi N & Pasha H. 2012. Effects of dietary nucleotides supplementation on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance and acute stress response. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(2): 431-440.
92. Torres J & Sarmiento D. 2011. Eficiencia productiva de trucha arcoíris, bajo un sistema de recirculación de aguas con diferentes densidades de carga animal en la zona de Pailones, IASA, Ecuador. Trabajo de Grado, Programa Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, 131 p.
93. Trzebiatowski R., Filipiak J & Jakubowski R. 2003. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 22: 289-295.
94. Valverde W. 2006. Producción de trucha arcoíris en jaulas flotantes. Informe Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). Lima, 39 p.

95. Vélez B., Sivera R., Goytortua E & Rocha S. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. Hidrobiología, 13 (4): 309-315.
96. Vidal D, Bay S & Schlenk D. 2005. Effects of dietary selenomethionine on larval rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 49(1): 71-75.
97. White K., O'Neill B & Tzankova Z. 2006. At a crossroads: Will aquaculture fulfill the promise of the blue revolution. SeaWeb aquaculture clearinghouses are made possible with the generous funding provided by the Rockefeller brothers fund and the Curtis and Edith Munson Foundation. Aquaculture, 1-15.
98. Wang D & Huang B. 1999. TBT (Tributyltin) toxicity to the visual and olfactory functions of tigerperch (*Terapon jaruba* Forskal). Zoological Studies, 38(2): 189-195.
99. Welten R. 2007. Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*). Environmental Contamination and Toxicology, 39(3):315-323.
100. Wurman C. 2000. La acuicultura comercial chilena: desafíos, oportunidades y metas hasta el 2020. Aquanoticias Internacional, 12 (58): 6-21.
101. Zavala G. & Ruiz R. (Ed.). 2009. Ejecución de bioensayos y asistencia en estudios de impacto ambiental. Subsecretaría de Educación Media Superior (SEP). Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar. Dirección Técnica. Primera Ed., México, D. F., 120 p.
102. Zamora G, Vásquez C, Berruecos J & Soto L. 1999. Estimación de algunos efectos genéticos de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) a partir de un cruzamiento dialélico completo de dos líneas. I. Fertilidad y supervivencia. Revista Veterinaria México, 30(3): 231-234.

## 9. INFOGRAFIA

1. Alcaldía municipal de Cajica. 2012. Mapas. <http://www.cajica-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml>. Consulta Marzo 2012.
2. Alvarado, H. & Bastardo H. 1983. Producción de truchas en Venezuela. FONAIAP Divulga, No. 9 marzo-abril 1983. [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd09/texto/producciontruchas.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd09/texto/producciontruchas.htm). Consulta Julio 2012.

3. CENTRUM. 2006. Mercado de truchas. [http://www.centrum.pucp.edu.pe/centrumaldia/mercados/mercado\\_truchas.htm](http://www.centrum.pucp.edu.pe/centrumaldia/mercados/mercado_truchas.htm). Consulta Abril 2012.
4. Estación meteorológica del campus UMNG. 2012. Estación meteorológica experimental río grande Universidad Militar Nueva Granada. <http://www.cursos.edu.co/course/view.php?id=523>. Consulta Julio 2012.
5. FAO. 2000. La consulta de expertos sobre la propuesta del subcomité de acuicultura del comité de pesca. <http://www.fao.org/docrep.htm>. Consulta Abril 2012.
6. FAO. 2002. Las pesquerías de aguas continentales frías en América Latina. <http://www.Fao.org/docrep/008/t4675s/t4675s00.htm>. Consulta Abril 2012.
7. FAO. 2003. Acuicultura: principales conceptos y definiciones. <http://www.Fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>. Consulta Abril 2012.
8. FAO. 2012a. Visión general del sector acuícola nacional Francia. [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_france/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_france/es). Consulta Abril 2012.
9. FAO. 2012b. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus\\_mykiss/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/en). Consulta 2012.
10. FAO. 2012c. Programa para la formación de acuicultores en el centro regional latinoamericano de acuicultura. <http://www.Fao.org/docrep/18156s/18156s00.htm>. Consulta Abril 2012.
11. FIPA-UNAC. 2005. Reproducción de salmónidos (trucha arco iris). Universidad Nacional del Callao. [http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes\\_Finales\\_Investigacion/Julio\\_2011/IF\\_MARILUZ\\_FERNANDEZ\\_FIPA/CAP](http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Julio_2011/IF_MARILUZ_FERNANDEZ_FIPA/CAP). Consultada Julio 2012.
12. Froese R. & Pauly D. (Eds.). 2012. FishBase. <http://www.fishbase.org>. Consulta Abril 2012.
13. Hualde J., Molinari L., Biorkman J., & Biorkman E. 2012a. Efectos de la adición de lípidos en dietas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Centro de ecología aplicada de Neuquén. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2002/odpdf/od10.pdf>. Consulta Junio 2012.
14. Hualde J., Molinari P., Biorkman J., & Biorkman E. 2012b. Digestibilidad de nutrientes en alimentos comerciales para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Centro de ecología aplicada de Neuquén. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2002/odpdf/od10.pdf>. Consulta Junio 2012.

15. IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales). 2012b. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática El Niño y La Niña en el mes de octubre. <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=894>. Consulta Junio 2012.
16. ITIS. 2011. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). [http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&serch\\_value=161989](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&serch_value=161989). Consulta 2012.
17. PNUMA. 2007. Panorama global de la escasez del agua. <http://pnuma.org/index.php>. Consulta Abril 2012.
18. Salas F. 2011. Trucha II, elección, recepción y aclimatación de alevines. Revista tierra adentro. Su revista Web agropecuaria y ecológica. <http://revistatierraadentro.com/index.php/acuicultura/189-eleccion-recepcion-y-aclimatacion-de-alevines>. Consulta Marzo 2012.

## 10. ANEXOS

### 1. Análisis varianza un factor variables fisicoquímicas

#### •pH:

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
6,46	9	63,03	7,00	0,10		
6,34	9	62,18	6,91	0,10		
6,95	9	61,44	6,83	0,22		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,14	2	0,07	0,51	0,61	3,40
Dentro de los grupos	3,34	24	0,14			
Total	3,48	26				

#### •Temperatura:

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
18,70	9,00	179,90	19,99	1,09		
18,90	9,00	177,50	19,72	0,94		
19,00	9,00	175,50	19,50	0,39		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,08	2,00	0,54	0,67	0,52	3,40
Dentro de los grupos	19,32	24,00	0,81			
Total	20,40	26,00				

#### •Oxígeno disuelto:

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
5,09	9,00	71,06	7,90	7,69		
4,99	9,00	76,38	8,49	9,15		
5,89	9,00	83,01	9,22	7,26		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7,97	2,00	3,98	0,50	0,62	3,40
Dentro de los grupos	192,82	24,00	8,03			
Total	200,79	26,00				

#### •Amonio:

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0,20	9,00	12,37	1,37	1,20		
0,39	9,00	8,78	0,98	0,30		
0,39	9,00	13,29	1,48	0,87		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,26	2,00	0,63	0,80	0,46	3,40
Dentro de los grupos	18,95	24,00	0,79			
Total	20,21	26,00				

**•Nitritos:**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0,01	9,00	1,29	0,14	0,01		
0,01	9,00	1,26	0,14	0,01		
0,01	9,00	2,27	0,25	0,10		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,07	2,00	0,04	0,87	0,43	3,40
Dentro de los grupos	1,01	24,00	0,04			
Total	1,08	26,00				

**•Nitratos:**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
1,20	9,00	58,50	6,50	27,09		
1,10	9,00	33,10	3,68	10,11		
1,10	9,00	29,70	3,30	7,47		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	55,04	2,00	27,52	1,85	0,18	3,40
Dentro de los grupos	357,36	24,00	14,89			
Total	412,40	26,00				

**•Fosfatos:**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0,70	9,00	4,39	0,49	0,04		
0,20	9,00	4,19	0,47	0,10		
0,20	9,00	7,70	0,86	0,55		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,86	2,00	0,43	1,90	0,17	3,40
Dentro de los grupos	5,46	24,00	0,23			
Total	6,33	26,00				

**•Dureza:**

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
1,55	9	12,35	1,37	0,43		
1,55	9	12,85	1,43	0,42		
1,55	9	13,65	1,52	0,47		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,10	2,00	0,05	0,11	0,90	3,40
Dentro de los grupos	10,57	24,00	0,44			
Total	10,67	26,00				

## 2. Análisis multivariado A1

### •Resumen estadístico

Resumen Estadístico							
	p H	T	C	O	NH4	PO4	NO2
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Promedio	6,95	19,86	142,60	7,62	1,26	0,51	0,13
Desviación Estándar	0,35	1,06	20,68	2,76	1,10	0,19	0,11
Coefficiente de Variación	0,05	0,05	0,15	0,36	0,87	0,38	0,84
Mínimo	6,46	18,70	93,90	5,09	0,20	0,19	0,01
Máximo	7,52	22,40	174,40	13,51	3,40	0,70	0,32
Rango	1,06	3,70	80,50	8,42	3,20	0,51	0,31
Sesgo Estandarizado	0,27	2,00	-1,68	1,98	1,24	-0,72	0,43
Curtosis Estandarizada	-0,72	2,15	2,37	0,95	-0,18	-0,92	-0,69
	NO3	Dur	P	LE	LT		
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
Promedio	5,97	1,39	2,74	4,95	5,69		
Desviación Estándar	5,19	0,62	1,84	1,06	1,24		
Coefficiente de Variación	0,87	0,45	0,67	0,21	0,22		
Mínimo	1,00	0,80	0,90	3,28	3,75		
Máximo	14,20	3,00	5,91	6,92	7,65		
Rango	13,20	2,20	5,01	3,63	3,90		
Sesgo Estandarizado	0,50	2,80	0,99	0,46	0,17		
Curtosis Estandarizada	-1,15	3,62	-0,62	0,09	-0,50		



•Tabla de componentes principales

Tabla de Componentes Principales				
	Componente	Componente	Componente	Componente
Fila	1	2	3	4
1	-2,89	2,51	-1,96	0,95
2	-2,27	1,06	0,86	-0,16
3	-3,15	-2,88	-0,84	0,11
4	-1,88	-1,46	0,90	0,01
5	-0,55	1,04	2,78	-0,33
6	1,11	0,31	-0,97	-2,45
7	2,08	0,64	-0,38	-0,60
8	1,82	0,01	0,31	1,13
9	2,50	-0,83	-0,66	-0,19
10	3,23	-0,38	-0,05	1,53

**Análisis multivariado A2**

•Resumen estadístico

Resumen Estadístico							
	p H	T	C	O	NH4	PO4	NO2
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Promedio	6,85	19,64	143,58	8,14	0,92	0,44	0,13
Desviación Estándar	0,35	0,95	20,82	3,06	0,55	0,30	0,11
Coficiente de Variación	0,05	0,05	0,15	0,38	0,60	0,69	0,90
Mínimo	6,34	18,40	91,30	4,99	0,39	0,19	0,01
Máximo	7,33	21,90	168,30	14,87	1,90	1,20	0,36
Rango	0,99	3,50	77,00	9,88	1,51	1,01	0,35
Sesgo Estandarizado	0,25	1,81	-2,30	1,64	0,96	2,55	1,06
Curtosis Estandarizada	-0,89	2,24	3,29	0,99	-0,57	2,97	0,21
	NO3	Dur	P	LE	LT		
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00		
Promedio	3,42	1,44	3,82	5,50	6,69		
Desviación Estándar	3,11	0,61	3,06	1,65	2,70		
Coficiente de Variación	0,91	0,42	0,80	0,30	0,40		
Mínimo	1,10	0,80	0,95	3,19	3,63		
Máximo	9,70	3,00	8,92	8,12	12,85		
Rango	8,60	2,20	7,97	4,93	9,23		
Sesgo Estandarizado	1,68	2,66	0,93	0,27	1,69		
Curtosis Estandarizada	0,29	3,51	-0,75	-0,89	1,41		

•Tabla de componentes principales

	Componente	Componente	Componente	Componente	Componente
Fila	1	2	3	4	5
1	-3,04	-0,57	-2,51	-0,67	-1,01
2	-1,94	0,34	-0,12	0,80	0,17
3	-2,75	-2,21	1,56	-0,92	1,10
4	-1,56	0,02	1,31	2,02	-1,07
5	-0,30	2,04	-0,92	0,90	1,61
6	-0,13	2,38	1,25	-1,49	-0,08
7	1,61	0,06	-0,24	-1,08	-0,35
8	3,02	-1,40	-0,76	0,39	1,29
9	1,96	0,01	0,28	-0,54	-0,78
10	3,12	-0,67	0,16	0,58	-0,88

**Análisis multivariado A3**

•Resumen estadístico

	p H	T	C	O	NH4	PO4	NO2
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Promedio	6,84	19,45	149,58	8,89	1,37	0,79	0,23
Desviación Estándar	0,44	0,61	19,52	2,75	0,94	0,73	0,31
Coficiente de Variación	0,06	0,03	0,13	0,31	0,69	0,92	1,36
Mínimo	6,16	18,20	124,20	5,15	0,39	0,20	0,01
Máximo	7,56	20,10	199,80	14,87	3,30	2,60	1,04
Rango	1,40	1,90	75,60	9,72	2,91	2,40	1,03
Sesgo Estandarizado	0,16	-1,24	2,63	1,25	1,09	2,52	3,01
Curtosis Estandarizada	-0,65	0,31	3,79	1,11	0,30	2,74	3,92
	NO3	Dur	P	LE	LT		
Recuento	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00		
Promedio	3,08	1,52	2,79	4,97	5,67		
Desviación Estándar	2,67	0,65	1,95	1,06	1,30		
Coficiente de Variación	0,87	0,43	0,70	0,21	0,23		
Mínimo	1,10	0,80	0,95	3,66	3,76		
Máximo	9,60	3,00	6,32	7,15	7,95		
Rango	8,50	2,20	5,37	3,49	4,19		
Sesgo Estandarizado	2,48	1,66	1,08	1,02	0,33		
Curtosis Estandarizada	2,43	1,56	-0,52	0,35	-0,42		

•Tabla de componentes principales

	Componente	Componente	Componente	Componente
Fila	1	2	3	4
1	-1,77	0,55	-2,53	-0,52
2	-2,12	0,04	-0,49	-0,03
3	-2,76	2,63	1,02	0,99
4	-1,57	-0,33	1,47	-1,41
5	-1,13	-2,89	0,99	-0,28
6	-0,72	-0,63	-0,73	0,00
7	1,42	-1,29	-0,27	2,16
8	2,42	1,56	1,04	0,09
9	2,34	-0,47	-0,06	0,10
10	3,90	0,83	-0,46	-1,10

**3. Factor de condición (K)**

Muestras	A1	A2	A3
1	1,72	1,98	1,78
2	1,11	1,18	1,20
3	1,13	1,29	1,24
4	1,15	1,09	1,08
5	1,10	1,15	1,19
6	1,25	0,97	1,17
7	1,32	1,11	1,24
8	1,53	1,37	1,59
9	1,39	1,35	1,54
10	1,32	0,42	1,26
Error	0,06	0,12	0,07

**4. Prueba t (student)**

Columna1	Columna2	Columna3
Media	1,30	1,19
Error típico	0,06	0,12
Mediana	1,28	1,16
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	0,20	0,39
Varianza de la muestra	0,04	0,15
Curtosis	0,51	2,88
Coefficiente de asimetría	1,00	0,08
Rango	0,62	1,56
Mínimo	1,10	0,42
Máximo	1,72	1,98
Suma	13,02	11,92
Cuenta	10	10

A1 VS A2			
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales			
		1,72	1,98
Media		1,26	1,10
Varianza		0,02	0,08
Observaciones		9	9
Diferencia hipotética de las medias		0	
Grados de libertad		12	
Estadístico t		1,41	
P(T<=t) una cola		0,09	
Valor crítico de t (una cola)		1,78	
P(T<=t) dos colas		0,18	
Valor crítico de t (dos colas)		2,18	

A1 VS A3		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	A1	A3
Media	1,30	1,33
Varianza	0,04	0,05
Observaciones	10	10
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	-0,29	
P(T<=t) una cola	0,39	
Valor crítico de t (una cola)	1,73	
P(T<=t) dos colas	0,78	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10	

A2 VS A3		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	A2	A3
Media	1,19	1,33
Varianza	0,15	0,05
Observaciones	10	10
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	-0,97	
P(T<=t) una cola	0,17	
Valor crítico de t (una cola)	1,76	
P(T<=t) dos colas	0,35	
Valor crítico de t (dos colas)	2,14	

## 5. Factor de conversión alimenticia (FCA)

Muestras	Acuario 1	Acuario 2	Acuario 3
1	0,56	0,88	0,85
2	0,36	0,22	0,62
3	0,19	0,23	0,22
4	0,38	0,20	0,22
5	0,22	0,08	0,21
6	0,21	0,09	0,21
7	0,17	0,14	0,13
8	0,30	0,23	1,47
9	0,45	0,57	0,24
10	0,31	0,29	0,46

## 6. ANOVA (FCA)

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
0,56	8,00	2,27	0,28	0,01		
0,88	8,00	1,76	0,22	0,02		
0,85	8,00	3,32	0,42	0,20		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,16	2,00	0,08	1,00	0,39	3,47
Dentro de los grupos	1,67	21,00	0,08			
Total	1,83	23,00				

## 7. ANOVA (CAAD)

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
1,06	8,00	8,85	1,11	0,00		
1,28	8,00	11,15	1,39	0,01		
1,27	8,00	10,76	1,34	0,01		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,38	2,00	0,19	29,01	0,00	3,47
Dentro de los grupos	0,14	21,00	0,01			
Total	0,52	23,00				