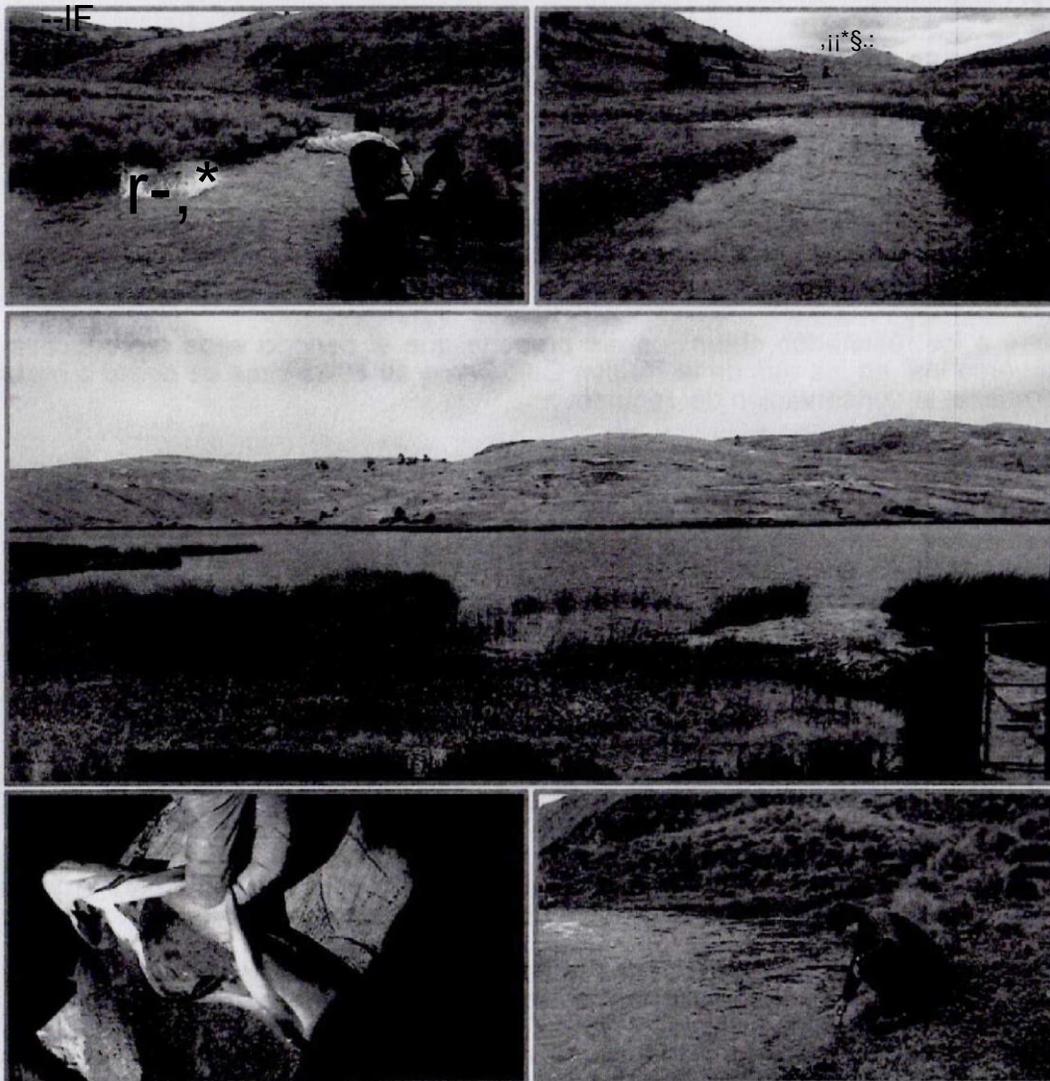


INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES EN AGUICULTURA
ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DE AGUAS CONTINENTALES

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS PELÁGICOS
LABORATORIO DE BIOLOGÍA REPRODUCTIVA



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DE LA "TRUCHA ARGO IRIS"
(*Oncorhynchus mykiss*) EN RÍOS ALTOANDINOS DE CAJAMARCA

CALLAO - PERÚ
DICIEMBRE 2017

ESTUDIO DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DE LA "TRUCHA ARCO IRIS" (*Oncorhynchus mykiss*) EN RÍOS ALTOANDINOS DE CAJAMARCA

RESUMEN

Entre octubre de 2015 y enero 2017, se analizó la condición reproductiva de la población adulta de "trucha arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*) en base a la información biológica obtenida en cuatro estaciones de monitoreo establecido en los ríos Romero, Chaullagón, ehonta y Muyoc en la Región Cajamarca.

En cada una de las estaciones mencionadas, mensualmente se obtuvo muestras de la población de "trucha arco iris", mediante su captura con atarayas. Los ejemplares capturados fueron sometidos a procedimientos de muestreo biométrico y biológico. **á fin de** comenzar a **Dectos** biológico-pesqueros de la población evaluada, así como **cáculár** los índices gonadosométrico (IGS) y de actividad reproductiva (IAR).

La evolución mensual observada en los mencionados índices. permite señalar que en los ríos altoandinos de Cajamarca, el recurso "trucha arco iris" presentó su periodo de máxima actividad reproductiva en el lapso enero - marzo.)

En base a los resultados obtenidos, se propone que el periodo veda reproductiva anual de la "trucha arco iris" en los ríos de la Región Cajamaria se establezca de enero a marzo, con el fin de garantizar la conservación del recurso.

1. INTRODUCCIÓN

La "trucha arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*), salmónido introducido a fines de la década de los 20 del siglo pasado, y naturalizado perfectamente en los cuerpos acuáticos andinos peruanos desde la década de 1940 (MacCrimmon 1971, Ancieta 1974, Löubens et al. 1984, en Cossío 2010): ha constituido históricamente un recurso de relevancia tanto para actividades de acuicultura, como para actividades de pesca recreativa, pesca de subsistencia y pesca comercial en sectores rurales de la sierra del Perú: por lo cual en diversos ámbitos andinos existen vedas con el fin de proteger sus poblaciones naturalizadas, específicamente durante su periodo reproductivo.

Este recurso pesquero constituye una importante fuente de ingresos económicos y de alimento para parte importante de la población que habita las áreas ribereñas de los ríos de las provincias de San Pablo, San Miguel y Cajamarca, en la Región Cajamarca.

No obstante, un factor trascendente de la problemática de su explotación es la ausencia de información confiable, sistemática, continua y organizada sobre los diferentes aspectos biológico-pesqueros de esta especie, en los ámbitos donde se desarrollan sus poblaciones naturalizadas.

En tal sentido, es trascendente determinar los periodos reproductivos de las poblaciones de la especie en los cuerpos de agua de los distintos ámbitos andinos, habida cuenta que dichos ríos podrían no contar y por tanto requerir medidas de manejo distintas

Por ello, se desarrolló un monitoreo mensual del recurso "trucha arco iris" en el lapso octubre 2015 a enero 2017, procurando generar y analizar información sobre variables biométricas, biológicas y reproductivas de la población de Trucurto, evaluadas en estaciones de monitoreo situadas en los ríos Romero y Chaulasón (tributarios del río Reque, que discurre al Océano Pacífico) y en los ríos Chonta y Muyoc, (tributarios del río Cajamarca que discurre a la cuenca alta), con el fin de sustentar la emisión del dispositivo de veda reproductiva.

**Tabla 2.** Características de las artes de pesca de tipo "atarraya" empleadas en las pescas exploratorias de especímenes de trucha arco iris en los ríos de Cajamarca

Atributo	Dimensiones	Unidad
Diámetro de la boca	2,46 - 3,00	m
Área de cobertura	4,75 - 7,07	m ²
Tamaño de malla de la bolsa	1 ½	Pulgadas

Los ejemplares capturados se trasladaron a locales de registro, con condiciones adecuadas para su procesamiento (muestreos biométrico y biológico).

2.4 Determinaciones biométricas

El muestreo biométrico consistió en la obtención de información mensual en campo (periodo octubre 2015 – enero 2017) de la distribución de tallas en todo el rango de tamaños del recurso; se basó en un muestreo mensual en localidades fijas (estaciones), orientado a la determinación de la estructura de tallas de la población. Los ejemplares evaluados fueron medidos al centímetro inferior, empleando un ictiómetro graduado cada 1,0 cm. Además, el peso total (PT) en g de cada ejemplar fue registrado mediante una balanza digital de 0,1 g de precisión.

Se analizó el registro de longitudes totales de los ejemplares medidos, para elaborar tablas de estructura de tallas en serie de tiempo mensual; determinándose también las tallas mínimas, máximas, medias, coeficientes de variabilidad y modas.

La relación longitud-peso se estimó mediante la ecuación de alometría de Huxley (1924):

$$PT = a \cdot LT^b$$

Donde, PT es el peso total del pez en g; LT la longitud total del pez en cm, y b es el coeficiente de alometría. Cuando esta relación se linealiza por logaritimización, $\ln(a)$ es la ordenada de origen.

Se considera crecimiento isométrico si $b = 3$, si $b > 3$ el crecimiento se considera alométrico positivo, y si $b < 3$, será alométrico negativo (Chicaiza y Flores, 2016). El grado de asociación entre las variables LT y PT logaritimizadas fue calculado por el coeficiente de determinación r^2 ; mientras que para evaluar si los coeficientes de alometría b obtenidos fueron significativamente diferentes de 3, se aplicó la prueba t de Student con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Zar, 2010):

$$t = (b - \beta) / s_b$$

Donde, t es estadístico t de Student, b es el coeficiente de alometría, β es la pendiente de referencia ($= 3$) y s_b es el error estándar del parámetro estimado.

2.5 Muestreo de variables biológicas

Mensualmente se realizaron muestreos biológicos de los ejemplares capturados de "trucha arco R. GUEVARÁris", consistentes en la disección y sexado de cada ejemplar para la extracción de sus vísceras, siendo separadas las gónadas para ser catalogadas cualitativamente según su grado de madurez, tomando como base la escala macroscópica de Soto *et al.* (2002) (Tabla 3), luego fueron codificadas y preservadas en solución de formalina al 10%, para su posterior análisis en el Laboratorio de Biología Reproductiva.

Los pesos totales (PT), eviscerados (PE) y gonadales (PG) de cada ejemplar se obtuvieron por medio de una balanza digital de 0,1 g de precisión.

J. WASIW



V. YÉPEZ



Tabla 3. Escala de Soto *et al.* (2002) para la clasificación macroscópica de estadios o fases de madurez sexual de salmónidos naturalizados en Chile.

Estadio	Denominación
0	Indeterminado
I	Inmaduro
II	En desarrollo
III	Madurando
IV	Maduro
V	Pospuesta parcial o total - Reabsorción

2.6 Composición sexual

Se realizó el análisis de la proporción de sexos por meses para el conjunto de ejemplares provenientes de los cuatro sectores evaluados, determinando aquellas razones que se desvían significativamente de la proporción 1:1, mediante el empleo de la prueba estadística Chi-cuadrado (X^2) (Zar 2010), con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

2.7 Análisis de aspectos reproductivos

Para el análisis del ciclo reproductivo, se determinaron valores mensuales del índice gonadosomático (IGS) y del índice de actividad reproductiva (IAR) en un periodo de doce meses.

El IAR se determinó a partir del cociente del número de hembras en fase III (madurando) y IV (Maduro) respecto al total de hembras adultas (hembras clasificadas en alguno de los estadios del I al V) multiplicado por cien. A partir de la evaluación mensual de este índice se precisó el grado de maduración gonadal de la "trucha arco iris" a fin definir su periodo importante de reproducción considerando los meses donde el índice es alto. De acuerdo a Buitrón *et al.* (2011), se determina con la expresión:

$$IAR = [(H_{III} + H_{IV})/H_a] * 100$$

Donde, H_{III} = número de hembras en estadio o fase III; H_{IV} = número de hembras en estadio o fase IV; y H_a = número total de ovarios analizados, clasificables en estadios del I al V según la escala de Soto *et al.* (2002).

Finalmente para cada espécimen analizado, se obtuvo el índice gonadosomático (IGS), calculando el cociente porcentual entre el peso del órgano reproductivo con relación al peso corporal eviscerado. Para ello se utilizó la ecuación de Vazzoler (1982, en Buitrón *et al.* 2011):

$$IGS = (PG/PE) * 100$$

Donde, PG = peso de las gónadas y PE = peso eviscerado; ambos en g.

El IGS indica el grado de desarrollo de las gónadas en un determinado momento. Valores reducidos de IGS indican inactividad reproductiva o incipiente desarrollo gonadal, mientras que su incremento en hembras señala que las gónadas presentan ovocitos que están incrementando su masa y volumen producto de la incorporación de vitelo, lo que se traduce en un incremento de peso. Por ello, el registro de sus valores más altos se da en los meses donde el recurso se encuentra en pleno proceso de reproducción.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. VÉPEZ



III. RESULTADOS

3.1 Estructura de tallas

La muestra biométrica total de "trucha arco iris" obtenida en los ríos de Cajamarca, entre octubre de 2015 y enero de 2017, se compuso de 1234 ejemplares (335 hembras, 573 machos y 326 indeterminados). Según los análisis efectuados (Tabla 4), la longitud total mínima registrada fue 8,0 cm y la máxima 33 cm, la longitud promedio mostró oscilaciones temporales, con declives de hasta 7 cm/mes (jul.-ago. de 2016) y aumentos de ca. 6 cm/mes (jun.-jul. de 2016), y fluctuó de 13,8 cm (dic. 2016) a 21,7 cm (jul. 2016).

Tabla 4. Evolución mensual de los estadísticos referidos a la longitud total (LT) del total de ejemplares de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017

Año-mes	n	Longitud Total (LT en cm)				
		min (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas
2015-oct	45	11	33	19,1	28,3	20
2015-nov	25	17	30	21,4	11,8	21
2015-dic	105	12	28	18,0	21,5	15
2016-ene	60	12	27	16,0	20,4	14
2016-feb	32	13	17	14,4	7,5	14/15
2016-mar	136	11	32	15,9	24,2	13
2016-abr	78	14	30	18,6	22,0	16
2016-may	96	12	28	17,3	17,2	16
2016-jun	100	9	25	15,4	21,4	16
2016-jul	19	13	31	21,7	21,7	22
2016-ago	18	9	24	14,7	30,9	12
2016-set	72	13	33	18,5	22,6	17
2016-oct	120	9	30	16,1	24,0	14
2016-nov	63	11	30	17,7	27,9	14
2016-dic	165	8	25	13,8	24,6	13/14
2017-ene	100	9	29	14,3	28,8	15

n: número de ejemplares analizados, CV (%): coeficiente de variabilidad de la media de LT

Con respecto a la progresión mensual de la estructura de tallas de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, se observó el desplazamiento de las modas en la serie de tiempo (más notorio de octubre 2015 a junio 2016), que reflejan el crecimiento del recurso. Se apreciaron estructuras con modas bien definidas en noviembre 2015 con 21,0 cm, marzo 2016 con 13,0 cm, abril 2016 con 16,0 cm, julio 2016 con 22,0 cm y noviembre 2016 con 14,0 cm; y otras con distribuciones bimodales en febrero 2016 con 14,0 y 15,0 cm, y diciembre 2016 con 13,0 y 14,0 cm (Figura 2).

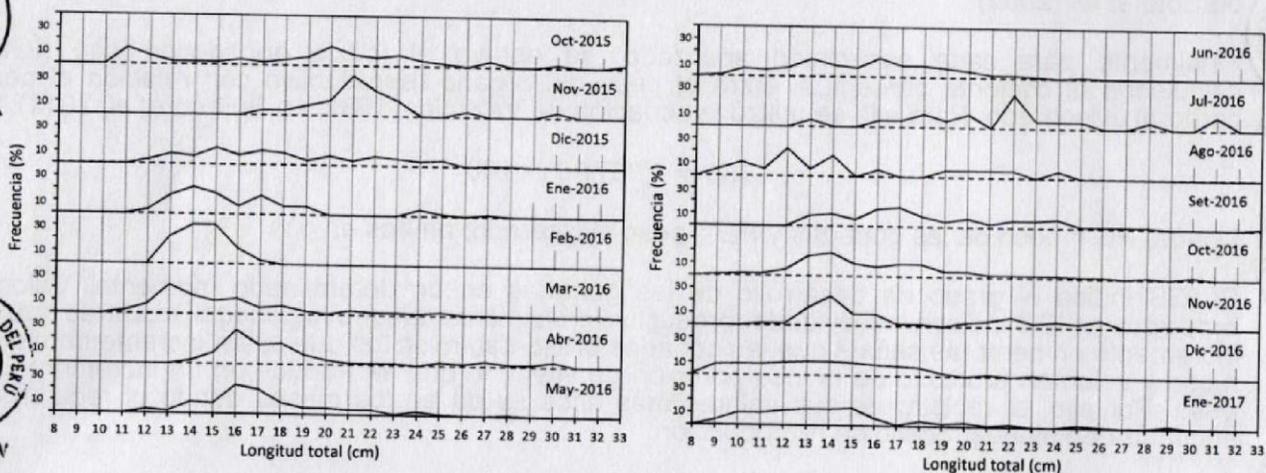


Figura 2. Progresión mensual de la estructura de tallas de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
DIRECCIÓN EJECUTIVA CIENTÍFICA
R. GUEVARA

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
AFIRAC
J. WASIW

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
V. VEPEZ

Respecto a la distribución de tallas por sexo para el conjunto de los cuatro sectores, el rango de longitud total para machos y hembras fue muy similar (9,0 - 33,0 cm para machos y 10,0 - 33,0 cm para hembras); siendo evidente que en general las hembras presentaron en la mayoría de meses evaluados tallas medias mayores con respecto a las de los machos; característica de dimorfismo sexual típica de esta especie (hembras más grandes que los machos) (Tabla 5).

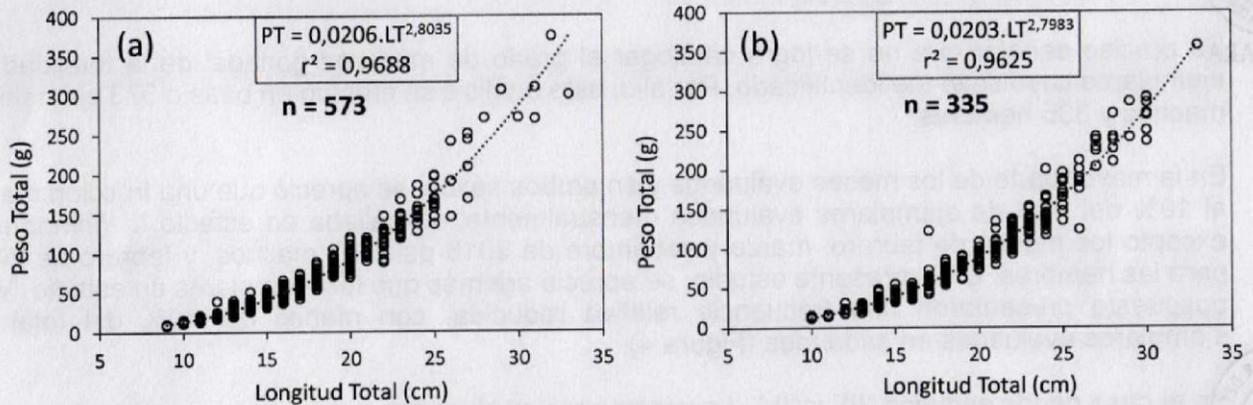
Tabla 5. Evolución mensual de los estadísticos referidos a la longitud total de ejemplares de trucha arco iris por sexos en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017

Año-mes	Machos						Hembras					
	n	min (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas	n	min (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas
2015-oct	28	11	33	17,9	33,9	11	17	15	30	21,0	16,1	20
2015-nov	8	17	26	21,6	11,8	22	13	18	30	21,5	13,4	21
2015-dic	37	12	28	18,1	22,1	15	37	14	27	20,2	17,9	22
2016-ene	27	13	25	16,1	23,7	13	17	13	27	16,8	18,6	15
2016-feb	19	13	16	14,3	7,4	14	10	13	17	14,8	7,7	15
2016-mar	60	11	32	16,4	27,6	13	18	13	26	19,4	20,3	21
2016-abr	22	14	27	18,1	17,5	16	22	16	30	22,5	22,1	18
2016-may	39	13	24	17,3	13,9	16	15	14	28	20,3	20,3	17
2016-jun	42	12	25	16,5	17,6	16	21	10	22	16,9	18,9	17/18
2016-jul	15	16	31	21,7	20,5	22	3	22	28	25,0	12,0	---
2016-ago	4	12	22	18,5	24,4	---	3	16	24	20,0	20,0	---
2016-set	26	13	24	17,7	16,5	17	28	16	33	20,9	20,6	17
2016-oct	85	9	26	15,5	19,4	14	35	11	30	17,7	29,0	16
2016-nov	32	11	30	15,8	27,6	14	28	14	29	20,3	22,7	22
2016-dic	71	10	25	14,5	22,9	11	37	10	25	15,8	17,5	15
2017-ene	58	9	29	13,8	28,2	11	31	10	29	16,2	27,2	13/15

n: número de ejemplares analizados; CV (%): coeficiente de variabilidad LT media

3.2 Relaciones biométricas

Según el análisis de la relación longitud – peso, los ejemplares de “trucha arco iris” en los cuatro sectores evaluados en Cajamarca tuvieron un crecimiento alométrico negativo ($P < 0,05$ en ambos casos), siendo las relaciones obtenidas bastante explicativas de la variación de los pesos en función de las tallas ($r^2 > 96\%$ en ambos casos) (Figura 3).



n: número de ejemplares analizados, r^2 : coeficiente de determinación.

Figura 3. Relaciones peso longitud (LT) - (PT) para machos (a) y hembras (b) de “trucha arco iris”, en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017





3.3 Proceso reproductivo

3.3.1 Proporción de sexos

En el conjunto de los cuatro sectores (ríos Chaullagón, Romero, Chonta y Múyoc) y durante todo el periodo de estudio, se constató la presencia de un mayor número de machos con respecto al número de hembras; especialmente en los meses de marzo, de mayo – julio, y diciembre de 2016, así como en enero 2017, donde las razones de sexos fueron significativamente favorables a los machos (Tabla 6).

Tabla 6. Evolución de la proporción de sexos en “trucha arco iris”, mostrando los meses en que los que se desvía significativamente de la proporción esperada 1:1, en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 – ene. 2017

Año-mes	Machos (♂)	Hembras (♀)	Proporción Sexos (♂ : ♀)	χ^2 (c)	Significancia
2015-oct	28	17	1,6 : 1	2,2222	---
2015-nov	8	13	0,6 : 1	0,7619	---
2015-dic	37	37	1,0 : 1	0,0135	---
2016-ene	27	17	1,6 : 1	1,8409	---
2016-feb	19	10	1,9 : 1	2,2069	---
2016-mar	60	18	3,3 : 1	21,5513	**
2016-abr	22	22	1,0 : 1	0,0227	---
2016-may	39	15	2,6 : 1	9,7963	**
2016-jun	42	21	2,0 : 1	6,3492	*
2016-jul	15	3	5,0 : 1	6,7222	**
2016-ago	4	3	1,3 : 1	0,0000	---
2016-set	26	28	0,9 : 1	0,0185	---
2016-oct	85	35	2,4 : 1	20,0083	**
2016-nov	32	28	1,1 : 1	0,1500	---
2016-dic	71	37	1,9 : 1	10,0833	**
2017-ene	58	31	1,9 : 1	7,5955	**

χ^2 (c): chi-cuadrado con corrección de continuidad de Yates (Zar 2010); valor crítico: $\chi^2_{0,05;1} = 3,841$; * : $P \leq 0,05$; ** : $P \leq 0,01$

3.3.2 Madurez gonadal

R. GUEVARA Es preciso señalar que no se logró catalogar el grado de madurez gonadal de la totalidad de ejemplares cuyo sexo fue identificado. Por ello, este análisis se efectuó en base a 573 ejemplares machos y 335 hembras.

En la mayor parte de los meses evaluados y en ambos sexos, se apreció que una fracción mayor al 10% del total de ejemplares evaluados mensualmente, se hallaba en estadio “I” (inmaduro), excepto los meses de febrero, marzo y setiembre de 2016 para los machos, y febrero de 2016 para las hembras. En el presente estudio, se apreció además que los ejemplares en estadio “V” o postpuesta presentaron una frecuencia relativa reducida, con menos del 10% del total de ejemplares evaluados en cada mes (Figura 4).

En el caso de los estadios “III” y “IV”, i.e. ejemplares madurantes y maduros; para los machos se observó proporciones mayores o iguales al 30% del total de ejemplares evaluados, en los meses de abril y mayo (Figura 4a); mientras que para las hembras, esto ocurrió sólo en el lapso de enero a abril de 2016 (Figura 4b). Estas cifras indican la mejor disponibilidad de machos maduros en la primera mitad del otoño de 2016, así como de hembras maduras en verano e inicios de otoño del mismo año.

J. WASIW



V. VÉPEZ

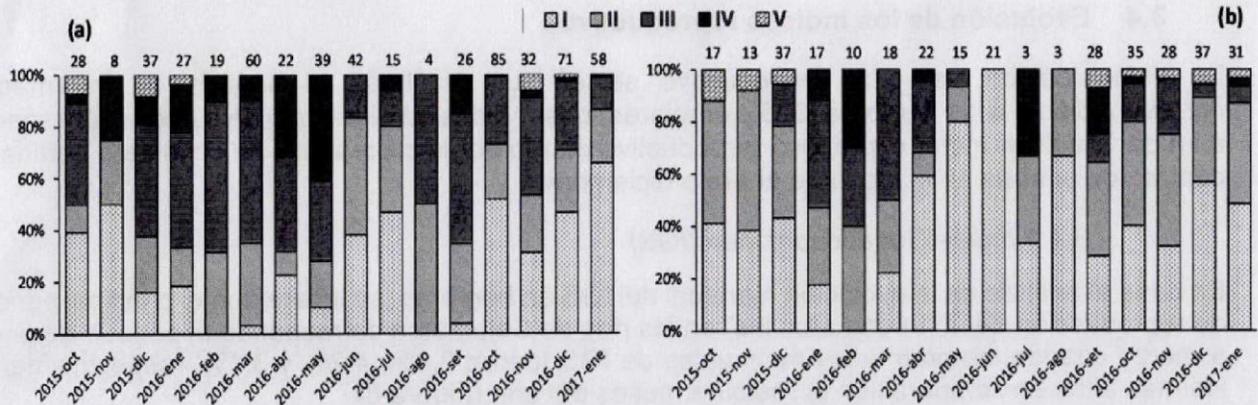


Figura 4. Evolución mensual de los estadios de madurez gonadal determinados para machos (a) y hembras (b) de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017. La cifra sobre cada barra indica el número de ejemplares analizados

En general, los resultados de los análisis evidencian que ambos sexos de "trucha arco iris", en los ríos de Cajamarca, alcanzan la madurez sexual en tamaños notoriamente inferiores a la talla mínima legal de captura (25,0 cm de longitud total) (Figura 5).

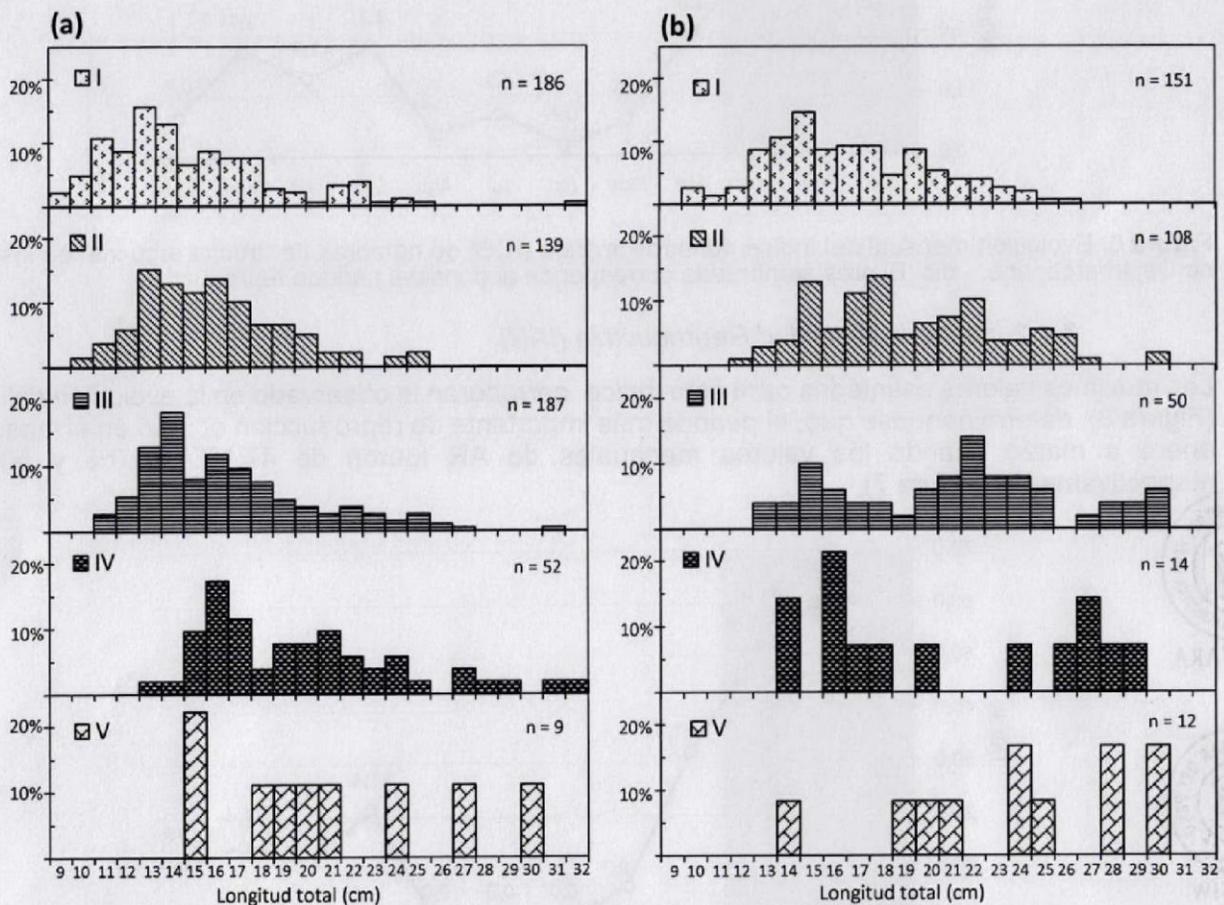


Figura 5. Madurez gonadal por talla para machos (a) y hembras (b) de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017. n: número de ejemplares analizados





3.4 Evolución de los índices reproductivos

La determinación del ciclo reproductivo se efectuó en base al análisis de información correspondiente a las hembras (335 ejemplares) observadas en el periodo de estudio. Al respecto, a fin de visualizar mejor el proceso reproductivo dentro de un ciclo anual, se consideró pertinente centrar los análisis en el lapso de enero a diciembre.

3.4.1 Índice Gonadosomático (IGS)

En base al análisis de la evolución mensual del IGS en hembras, se infiere que el principal periodo de reproducción de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca corresponde al periodo de enero a marzo cuando los promedios mensuales de IGS fueron 2,3%, 4,2% y 3,1%, respectivamente, los más altos en comparación al resto de meses del año (Figura 6).

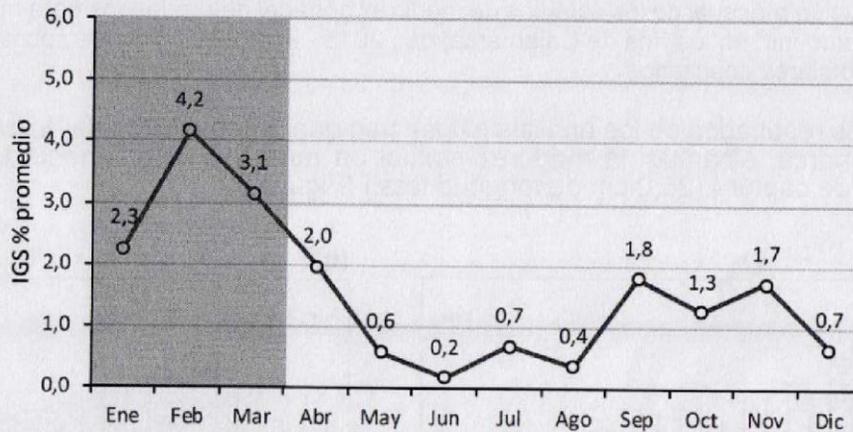


Figura 6. Evolución mensual del índice gonadosomático (IGS) de hembras de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, ene. - dic. El área sombreada corresponde al principal periodo reproductivo.

3.4.2 Índice de Actividad Reproductiva (IAR)

Los máximos valores estimados para este índice, corroboran lo observado en la evolución del IGS (Figura 6), determinándose que, el periodo más importante de reproducción ocurrió en el lapso de enero a marzo cuando los valores mensuales de AR fueron de 47,1%; 60,0% y 50,0% respectivamente (Figura 7).

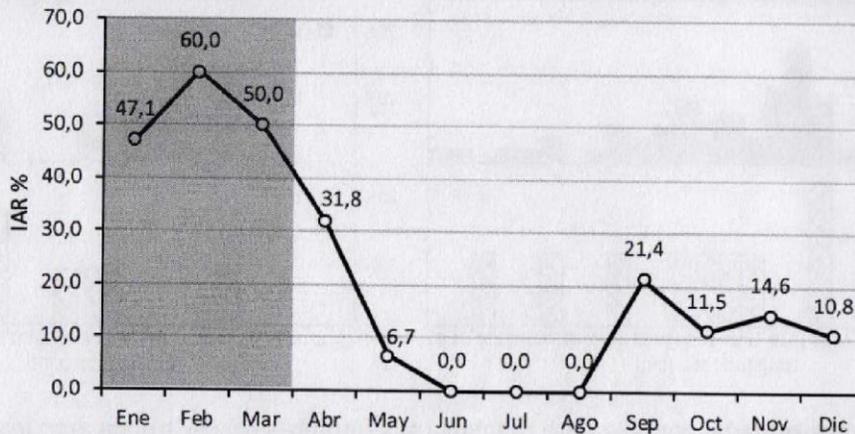


Figura 7. Evolución mensual del índice de actividad reproductiva de hembras de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, ene. - dic. 2016. El área sombreada corresponde al principal periodo reproductivo.

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
DIRECCIÓN EJECUTIVA CENTRAL
R. GUEVARA

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
AFIRAC
J. WASIV

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
V. YÉPEZ

julio (Everett 1973). El inicio del periodo reproductivo en ambientes lóticos parece estar vinculado al preámbulo del inicio de la temporada de creciente, lo cual concuerda con los hallazgos del presente estudio.

I. wAsrw

Sin embargo, las diferencias referidas sobre la temporalidad de los periodos reproductivos de poblaciones naturalizadas de "trucha arco iris" en diferentes zonas del país, resaltan la necesidad de extender a ellas dichos estudios, de modo que se pueda caracterizar mejor tanto su ciclo productivo como su principal periodo reproductivo

Según Toledo et al. (1994), el IGS en la "trucha arco iris" sigue un patrón, con bajos valores en los meses posteriores al desove, incrementándose lentamente hasta el sexto mes posdesove, para luego incrementarse rápidamente hasta llegar al máximo desarrollo ovocitario. Los resultados



del presente estudio corroboran este patrón, pues en febrero 2016 (mes de temporada de lluvias), se observó que ca. 60% de las hembras, y ca. 68% de los machos muestreados (Figura 4), se hallaban en estadios de maduración avanzada (estadios III y IV), lo que concuerda con el comportamiento del IGS de las hembras en dicho mes (Figura 7). Los análisis del IGS e IAR, muestran que el periodo reproductivo más importante de la "trucha arco iris" en los ríos altoandinos de Cajamarca abarca los meses de enero a marzo.

4.3 Proyección del desove

Según los antecedentes relacionados con el ciclo biológico de la especie, en lo concerniente a su periodo de mayor actividad reproductiva, se conoce que este tiene una duración promedio de 3 meses. Ello significa que se debiera considerar en cada año el lapso enero – marzo, como la temporada de veda reproductiva del recurso "trucha arco iris" en la Región Cajamarca.

V. CONCLUSIONES

Los stocks naturalizados de "trucha arco iris" en la región Cajamarca, presentaron las siguientes características:

- Exhiben relaciones longitud-peso, en ambos sexos, de tipo alométrico negativo.
- La mayor parte del año se aprecia proporciones de sexo favorables a los machos.
- Maduran sexualmente a tallas inferiores a la talla mínima legal de captura (LT = 25 cm)
- El principal periodo reproductivo abarca los meses de enero a marzo.

VI. RECOMENDACIÓN

Sobre la base de los resultados obtenidos, establecer la veda reproductiva del recurso "trucha arco iris" presente en los cuerpos de agua altoandinos de la Región Cajamarca desde la primera semana de enero de cada año, por un lapso de tres (03) meses.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YÉPEZ



VII. REFERENCIAS

- Barros S.E. y de Gonzo G.M. (2004). Poblaciones naturalizadas de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la puna de Argentina: bases ecológicas para su manejo. Memorias: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica pp 116-126.
- Bastardo H y Coche Z. (1992). Ciclo reproductivo de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, en los andes venezolanos. *Ecotropicos*, 5 (1): 26-31.
- Buitrón B., Perea A., Mori J., Sánchez J. y Roque C. (2011). Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Informe del Instituto del Mar del Perú. Volumen 38, 3: 373-384
- Candiotto A.T. y Fenoglio S. (2011). Biological and ecological data on an established rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) population in an Italian stream. *Fundam. Appl. Limnol.* 179 (1): 67-76.
- Cossíos E.D. (2010). Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado del conocimiento. *Revista Peruana de Biología* 17 (2): 179 - 189.
- Chicaiza D. y Flores H. (2016). Parámetros biológicos de *Pseudocurimata boulengeri* (Characiformes: Curimatidae) en el embalse Chongón, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 64 (March), 131-146. Accedido el 11.06.2017 en <http://www.institutopesca.gob.ec>
- Everett G.V. (1973). The rainbow trout *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery of Lake Titicaca. *Journal of Fish Biology*, 5(4), 429-440.
- Fausch K.D. (2008). A paradox of trout invasions in North America. *Biological Invasions*, 10, 685-701.
- Huxley J.S. (1924). Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114: 895-896.
- Péfaur J.E. y Sierra N.M. (1998). Distribución y densidad de la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae) en los Andes venezolanos. *Revista de biología tropical*, 46(3), 775-782.
- Scott W.B. y Crossman E.J. (1973). Freshwater fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada Bulletin. 184:184-191.
- Soto D., Arismendi I., Solar I., Vargas M., Ruiz M., Sanzana J., Jara F., Moreno C., Barrera V. y Rivas C. (2002). Estudio del ciclo reproductivo de las principales especie objetivo de la pesca deportiva en la X Región. Inf. Final Proyecto FIP 2000-24. Universidad Austral de Chile. 153 pp.
- Toledo M., Vivar V. y Muga C. (1994). Ciclo gonadal de hembras reproductoras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la piscicultura de Río Blanco, Los Andes, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 22: 39-43.
- Tresierra A. y Culquichicón Z. (1993). *Biología Pesquera*. Trujillo, Perú. 432 pp.
- Zar J.H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th Edition). Prentice Hall, New Jersey. E.U.A. 945pp.



R. GUEVARA



J. WASI



V. YÉPEZ

ANEXOS

015



Foto 1: Captura exploratoria de ejemplares de "trucha arco iris" empleando atarraya en el Río Romero.



Foto 2: Evaluación limnológica para determinar in situ los parámetros fisicoquímicos en uno de los cursos fluviales que constituye el hábitat de la trucha arco iris.

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
DIRECCIÓN EJECUTIVA CIENTÍFICA
R. GUEVARA

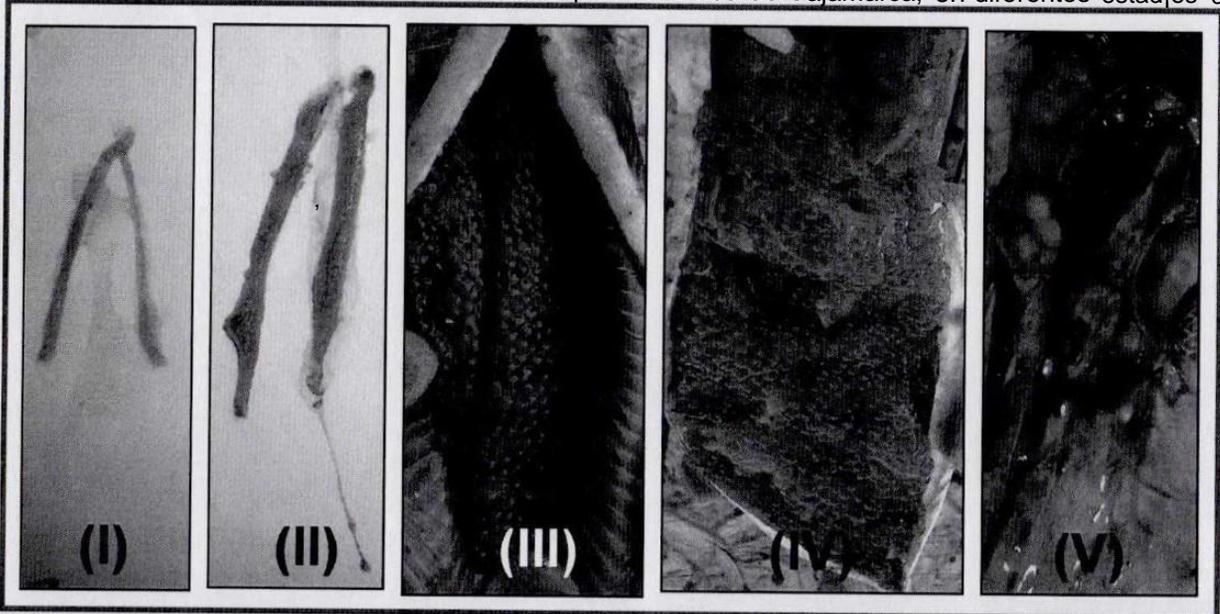


INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
AFIRAC
J. WASIW

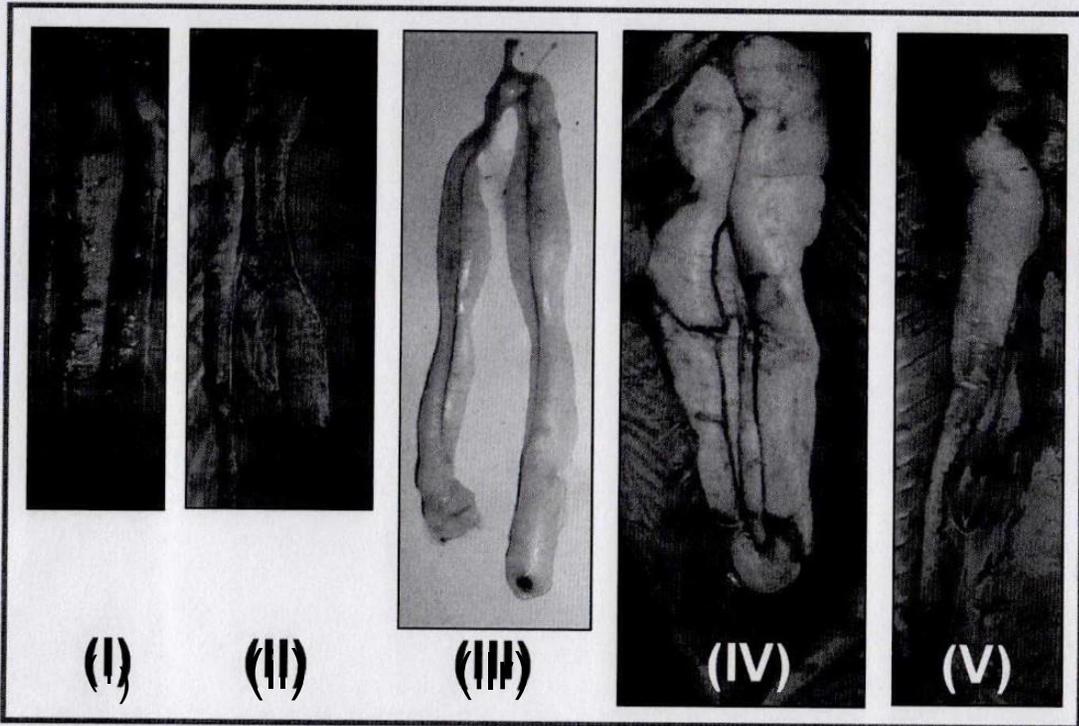
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ
V. YESZ

Foto 3. Muestreo biológico de "trucha arco iris" en laboratorio: (a) disección de ejemplares ordenados según su talla, para el retiro y catalogación de sus gónadas según la escala de Soto et al. (2002); (b) detalle de un ejemplar hembra recién diseccionado.

Foto 4. Gónadas de hembras de "trucha arco iris" de los ríos de Cajamarca, en diferentes estadios de



madurez gonadal, según la escala de Soto et al. (2012): (I) Inmaduro; (II) en desarrollo; (III) madurando; (IV) maduro; y (V) post-puesta.




 R. GUEVARA


 J. WASAW


 V. EPEZ

Foto 5. Gónadas de machos de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca en diferentes estadios de madurez gonadal, según la escala de Soto et al. (2012): (I) Inmaduro; (II) en desarrollo; (III) madurando; (IV) maduro; y (V) post-puesta.

RBLI/ACM/JMP/USE

Callao, diciembre de 2017

HOJA DE REMISIÓN

018

Nº DE REGISTRO DEC -

2017

FECHA DE RECEPCIÓN

PASE A:

Órgsño Coñrol Iñstitrcioml

OI. Geñerál Adminhtración

Ol. Gsnoral Asosorla Jurldic€

OGIRP

DGTOCC

Lab. Costero,/Regional

SÉcr9tarla Gollqral

of. Goiorál Plañ y Ppto.

oG{(SA

OGIROL

DGjA

Oñc.AŞint.ljleringl.

Soc. ENFEN

CÉnt. Oocjrmor,l,ario

[---<

Otros

INDI' IONES

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Dar Trámjete | 6. Designar Representante |
| 2. Tomar Conocimjento | 7. Preparar Respuesta |
| 3. Accjón Necesarja | 8. Archivo |
| 4. Opinjón | 9. Seguimjento |
| 5. Informar | 10. Coordinar acclón con: |

OBSE NES:

(dl i,L

DESCARGO

PU

0EL

) *lzoL7

FECHA DE EMISIÓN

=

<
c

f"n,tjrl

Director E Cientffico
Blgo. Renato C. Guevara Carrasco

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES EN ACUICULTURA
ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DE AGUAS CONTINENTALES

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS PELÁGICOS
LABORATORIO DE BIOLOGÍA REPRODUCTIVA



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DE LA "TRUCHA ARCO IRIS"
(*Oncorhynchus mykiss*) EN RÍOS ALTOANDINOS DE CAJAMARCA

CALLAO - PERÚ
DICIEMBRE 2017



ESTUDIO DE LA CONDICIÓN REPRODUCTIVA DE LA "TRUCHA ARCO IRIS" (*Oncorhynchus mykiss*) EN RÍOS ALTOANDINOS DE CAJAMARCA

M. J. T. I. I. T.

RESUMEN

ffit,+f,a*P.-q

Entre octubre de 2015 y enero 2017, se analizó la condición reproductiva de la población adulta de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en base a la información biológica obtenida en cuatro estaciones de monitoreo en los ríos Altoandinos de Cajamarca: Chonta y Muyoc en la Región Cajamarca.

En las estaciones mencionadas, mensualmente se obtuvo muestras de la población de "trucha arco iris", mediante su captura con atarrayas. Los ejemplares capturados fueron sometidos a procedimientos de muestreo biométrico y biológico, a fin de caracterizar aspectos biológico-pesqueros de la población evaluada, así como calcular los índices gonadosomático (IGS) y de actividad reproductiva (IAR) en base a la información biológica obtenida en cuatro estaciones de monitoreo establecida en los ríos Romero, Chaullagón, Éhonta y Muyoc en la Región Cajamarca.

En base a los resultados obtenidos se propone que el periodo de máxima actividad reproductiva en la población de "trucha arco iris" en los ríos de la Región Cajamarca se establezca de enero a marzo con el fin de garantizar la conservación del recurso. Este periodo de máxima actividad reproductiva anual de la "trucha arco iris" en los ríos de la Región Cajamarca se establece de enero a marzo con el fin de garantizar la conservación del recurso.

La "trucha arco iris" (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez introducido a fines de la década de los 20 del siglo pasado, y naturalizado perfectamente en los cuerpos acuáticos andinos peruanos desde la década de 1940 (MacCrimmon 1971, Ancieta 1974, Loubens et al. 1984, de Cossio 2010); ha constituido históricamente un recurso de relevancia tanto para actividades de acuicultura, como para actividades de pesca recreativa, pesca de subsistencia y pesca comercial en sectores rurales de la sierra del Perú; por lo cual en diversos ámbitos andinos existen vedas con el fin de proteger su base de los resultados obtenidos se propone que el periodo de máxima actividad reproductiva anual de la "trucha arco iris" en los ríos de la Región Cajamarca se establezca de enero a marzo, con el fin de garantizar la conservación del recurso.

INTRODUCCIÓN

No obstante, un factor trascendente de la problemática de su explotación es la ausencia de información confiable, sistemática, continua y organizada sobre los diferentes aspectos biológico-pesqueros de esta especie en los ambientes donde se desarrollan sus poblaciones naturalizadas. La condición reproductiva de los peces (maduración de células germinales, época y número de desovas) durante el ciclo de vida de un pez es de relevancia importante para actividades de acuicultura y para actividades de pesca recreativa, pesca de subsistencia y pesca comercial en sectores rurales de la sierra del Perú; por lo cual en diversos ámbitos andinos existen vedas con el fin de proteger sus poblaciones naturalizadas, específicamente durante su periodo reproductivo. Este recurso pesquero constituye una importante fuente de ingresos económicos y de alimento para parte importante de la población que habita las áreas ribereñas de los ríos de las provincias de San Pablo, San Miguel y Cajamarca, en la Región Cajamarca.

Por ello, se desarrolló un monitoreo mensual del recurso "trucha arco iris" en el lapso octubre 2015 a enero 2017, para determinar su condición reproductiva en las provincias de San Pablo, San Miguel y Cajamarca de la Región Cajamarca andinos, habida cuenta que dichos periodos podrían no coincidir y por tanto requerir medidas de manejo distintas.



La condición reproductiva de los peces (maduración de células germinales, época y número de desoves durante el ciclo vital) depende de factores intrínsecos y extrínsecos diversos (Tresierra y Culquichicón 1993). Estos últimos (v.g. fotoperíodo, temperatura del agua, disponibilidad de alimento, velocidad de corriente de agua), al presentar gran variedad en los cuerpos de agua continentales del Perú, condicionan que el ciclo iteróparo anual de la "trucha arco iris", presente una variación significativa tanto en extensión como en ocurrencia a lo largo del año, dependiendo de la distribución geográfica y altitudinal del recurso en el territorio nacional.

En tal sentido, es trascendente determinar los períodos reproductivos de las poblaciones de la especie en los cuerpos de agua de los distintos ámbitos andinos, habida cuenta que dichos períodos podrían no coincidir y por tanto requerir medidas de manejo distintas.

"trucha iris" en el 1º de octubre 2015. Por ello

J. W. Aslw se desarrolló un monitoreo mensual del recurso arco
enero 2017, procurando generar información sobre variables biométricas, biológicas
productivas de la población de recurso, evaluadas en estaciones de monitoreo situadas en ríos
Romero y Chaullagón (tributarios del río Reque, que discurre al Océano Pacífico), así
como en los ríos Chonta y Múvoc, tributarios del río Cdlamarca que discurre a la cuenca
mazonica), con el fin de sustentar la emisión del dispositivo de veda reproductiva

t

V 2017



II. MATERIAL Y MÉTODOS

021

2.1 Aspectos de ubicación

Las estaciones establecidas para el estudio se situaron en las provincias de San Miguel, Cajamarca y San Marcos, en un rango de altitudes entre 2640 y 3517 msnm (Figura 1 y Tabla 1).

2.2 Estaciones de muestreo

Los muestreos se realizaron en estaciones situadas en los cauces de los ríos Chonta (E1), Romero (E2), Chaullagón (E3) y Múyoc (E4) (Figura 1); las que fueron evaluadas mensualmente entre octubre 2015 y enero 2017.

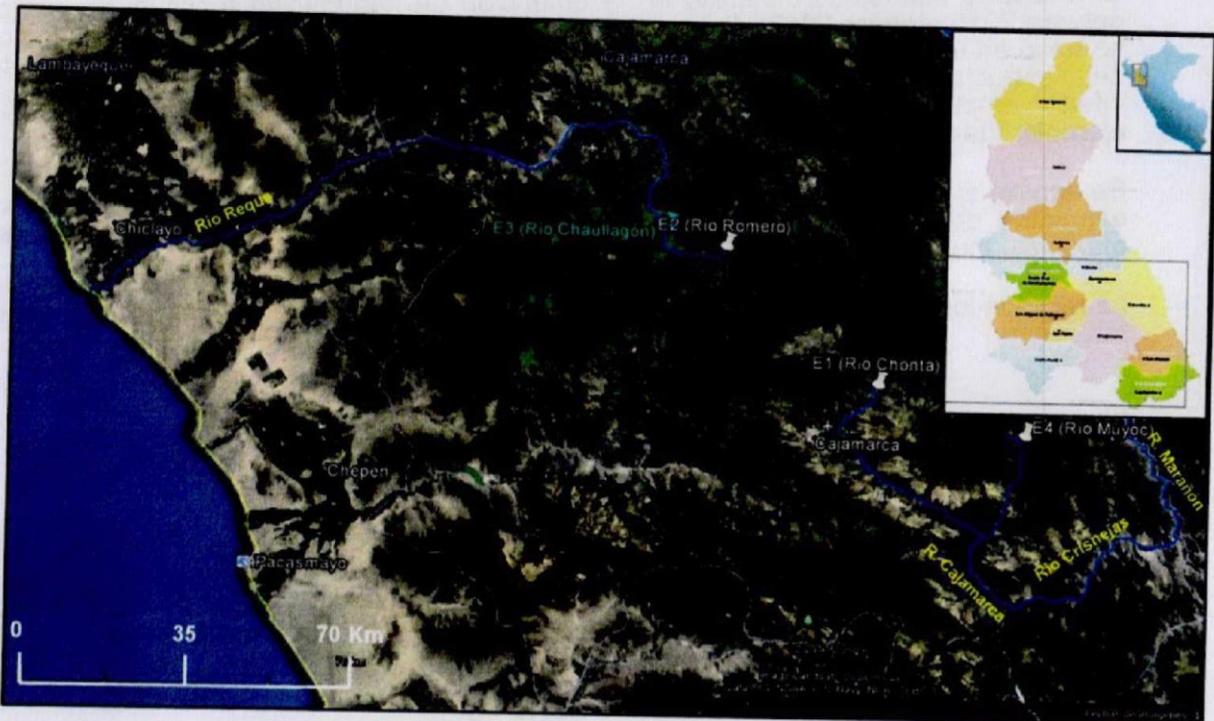


Figura 1. Localización de las cuatro estaciones de muestreo de "trucha arco iris" en los ríos altoandinos Chonta (E1), Romero (E2), Chaullagón (E3), y Múyoc (E4), oct. 2015 - ene. 2017.

Las estaciones fueron seleccionadas entre un conjunto de zonas de pesca identificadas por profesionales de IMARPE y la Dirección Regional de la Producción de Cajamarca, teniendo en cuenta su accesibilidad desde trochas carrozables. La localización geográfica de las estaciones se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación de las estaciones para captura de ejemplares de trucha arco iris en los ríos de Cajamarca, octubre 2015 - enero 2017

Código	Estación Nombre	Localización		Altitud (msnm)
		LS	LW	
E1	Río Chonta (Piscifactoría Peña, prov. Cajamarca)	07° 04' 50,9"	78° 24' 05,3"	2855
E2	Río Romero (poblado Quilcate, prov. San Pablo)	06° 49' 33,4"	78° 41' 12,7"	3497
E3	Río Chaullagón (poblado Chaullagón, prov. San Miguel)	06° 47' 24,5"	78° 47' 48,5"	2640
E4	Río Múyoc (prov. San Marcos)	07° 10' 22,6"	78° 07' 38,7"	3517

2.3 Pescas exploratorias

Fueron realizadas mensualmente en cada localidad y en horario diurno, por parte de pescadores experimentados de la zona, quienes colectaron los ejemplares de "trucha arco iris" con redes de caída de tipo "atarraya". Las características de dichas artes de pesca se describen en la Tabla 2.



PERÚ

Ministerio de la Producción



022
IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

Tabla 2. Características de las artes de pesca de tipo "atarraya" empleadas en las pescas exploratorias de especímenes de trucha arco iris en los ríos de Cajamarca

Atributo	Dimensiones	Unidad
Diámetro de la boca	2,46 - 3,00	m
Área de cobertura	4,75 - 7,07	m ²
Tamaño de malla de la bolsa	1 ½	Pulgadas

Los ejemplares capturados se trasladaron a locales de registro, con condiciones adecuadas para su procesamiento (muestréos biométrico y biológico).

2.4 Determinaciones biométricas

El muestreo biométrico consistió en la obtención de información mensual en campo (periodo octubre 2015 – enero 2017) de la distribución de tallas en todo el rango de tamaños del recurso; se basó en un muestreo mensual en localidades fijas (estaciones), orientado a la determinación de la estructura de tallas de la población. Los ejemplares evaluados fueron medidos al centímetro inferior, empleando un ictiómetro graduado cada 1,0 cm. Además, el peso total (PT) en g de cada ejemplar fue registrado mediante una balanza digital de 0,1 g de precisión.

Se analizó el registro de longitudes totales de los ejemplares medidos, para elaborar tablas de estructura de tallas en serie de tiempo mensual; determinándose también las tallas mínimas, máximas, medias, coeficientes de variabilidad y modas.

La relación longitud-peso se estimó mediante la ecuación de alometría de Huxley (1924):

$$PT = a \cdot LT^b$$

Donde, *PT* es el peso total del pez en g; *LT* la longitud total del pez en cm, y *b* es el coeficiente de alometría. Cuando esta relación se linealiza por logaritmización, *Ln(a)* es la ordenada de origen.

Se considera crecimiento isométrico si *b* = 3, si *b* > 3 el crecimiento se considera alométrico positivo, y si *b* < 3, será alométrico negativo (Chicaiza y Flores, 2016). El grado de asociación entre las variables *LT* y *PT* logaritmizadas fue calculado por el coeficiente de determinación *r*²; mientras que para evaluar si los coeficientes de alometría *b* obtenidos fueron significativamente diferentes de 3, se aplicó la prueba *t* de Student con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ (Zar, 2010):

$$t = (b - \beta) / s_b$$

Donde, *t* es estadístico *t* de Student, *b* es el coeficiente de alometría, β es la pendiente de referencia (= 3) y *s_b* es el error estándar del parámetro estimado.

2.5 Muestreo de variables biológicas

Mensualmente se realizaron muestréos biológicos de los ejemplares capturados de "trucha arco iris", consistentes en la disección y sexado de cada ejemplar para la extracción de sus vísceras, siendo separadas las gónadas para ser catalogadas cualitativamente según su grado de madurez, tomando como base la escala macroscópica de Soto *et al.* (2002) (Tabla 3), luego fueron codificadas y preservadas en solución de formalina al 10%, para su posterior análisis en el Laboratorio de Biología Reproductiva.

Los pesos totales (PT), eviscerados (PE) y gonadales (PG) de cada ejemplar se obtuvieron por medio de una balanza digital de 0,1 g de precisión.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YÉPEZ



Tabla 3. Escala de Soto *et al.* (2002) para la clasificación macroscópica de estadios o fases de madurez sexual de salmónidos naturalizados en Chile.

Estadio	Denominación
0	Indeterminado
I	Inmaduro
II	En desarrollo
III	Madurando
IV	Maduro
V	Pospuesta parcial o total - Reabsorción

2.6 Composición sexual

Se realizó el análisis de la proporción de sexos por meses para el conjunto de ejemplares provenientes de los cuatro sectores evaluados, determinando aquellas razones que se desvían significativamente de la proporción 1:1, mediante el empleo de la prueba estadística Chi-cuadrado (χ^2) (Zar 2010), con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

2.7 Análisis de aspectos reproductivos

Para el análisis del ciclo reproductivo, se determinaron valores mensuales del índice gonadosomático (IGS) y del índice de actividad reproductiva (IAR) en un periodo de doce meses.

El IAR se determinó a partir del cociente del número de hembras en fase III (madurando) y IV (Maduro) respecto al total de hembras adultas (hembras clasificadas en alguno de los estadios del I al V) multiplicado por cien. A partir de la evaluación mensual de este índice se precisó el grado de maduración gonadal de la "trucha arco iris" a fin definir su periodo importante de reproducción considerando los meses donde el índice es alto. De acuerdo a Buitrón *et al.* (2011), se determina con la expresión:

$$IAR = [(H_{III} + H_{IV}) / H_a] * 100$$

Donde, H_{III} = número de hembras en estadio o fase III; H_{IV} = número de hembras en estadio o fase IV; y H_a = número total de ovarios analizados, clasificables en estadios del I al V según la escala de Soto *et al.* (2002).

Finalmente para cada espécimen analizado, se obtuvo el índice gonadosomático (IGS), calculando el cociente porcentual entre el peso del órgano reproductivo con relación al peso corporal eviscerado. Para ello se utilizó la ecuación de Vazzoler (1982, en Buitrón *et al.* 2011):

$$IGS = (PG/PE) * 100$$

Donde, PG = peso de las gónadas y PE = peso eviscerado; ambos en g.

El IGS indica el grado de desarrollo de las gónadas en un determinado momento. Valores reducidos de IGS indican inactividad reproductiva o incipiente desarrollo gonadal, mientras que su incremento en hembras señala que las gónadas presentan ovocitos que están incrementando su masa y volumen producto de la incorporación de vitelo, lo que se traduce en un incremento de peso. Por ello, el registro de sus valores más altos se da en los meses donde el recurso se encuentra en pleno proceso de reproducción.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YEPEZ



III. RESULTADOS

3.1 Estructura de tallas

La muestra biométrica total de "trucha arco iris" obtenida en los ríos de Cajamarca, entre octubre de 2015 y enero de 2017, se compuso de 1234 ejemplares (335 hembras, 573 machos y 326 indeterminados). Según los análisis efectuados (Tabla 4), la longitud total mínima registrada fue 8,0 cm y la máxima 33 cm, la longitud promedio mostró oscilaciones temporales, con declives de hasta 7 cm/mes (jul.-ago. de 2016) y aumentos de ca. 6 cm/mes (jun.-jul. de 2016), y fluctuó de 13,8 cm (dic. 2016) a 21,7 cm (jul. 2016).

Tabla 4. Evolución mensual de los estadísticos referidos a la longitud total (LT) del total de ejemplares de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017

Año-mes	n	Longitud Total (LT en cm)				
		min (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas
2015-oct	45	11	33	19,1	28,3	20
2015-nov	25	17	30	21,4	11,8	21
2015-dic	105	12	28	18,0	21,5	15
2016-ene	60	12	27	16,0	20,4	14
2016-feb	32	13	17	14,4	7,5	14/15
2016-mar	136	11	32	15,9	24,2	13
2016-abr	78	14	30	18,6	22,0	16
2016-may	96	12	28	17,3	17,2	16
2016-jun	100	9	25	15,4	21,4	16
2016-jul	19	13	31	21,7	21,7	22
2016-ago	18	9	24	14,7	30,9	12
2016-set	72	13	33	18,5	22,6	17
2016-oct	120	9	30	16,1	24,0	14
2016-nov	63	11	30	17,7	27,9	14
2016-dic	165	8	25	13,8	24,6	13/14
2017-ene	100	9	29	14,3	28,8	15

n: número de ejemplares analizados, CV (%): coeficiente de variabilidad de la media de LT

Con respecto a la progresión mensual de la estructura de tallas de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, se observó el desplazamiento de las modas en la serie de tiempo (más notorio de octubre 2015 a junio 2016), que reflejan el crecimiento del recurso. Se apreciaron estructuras con modas bien definidas en noviembre 2015 con 21,0 cm, marzo 2016 con 13,0 cm, abril 2016 con 16,0 cm, julio 2016 con 22,0 cm y noviembre 2016 con 14,0 cm; y otras con distribuciones bimodales en febrero 2016 con 14,0 y 15,0 cm, y diciembre 2016 con 13,0 y 14,0 cm (Figura 2)

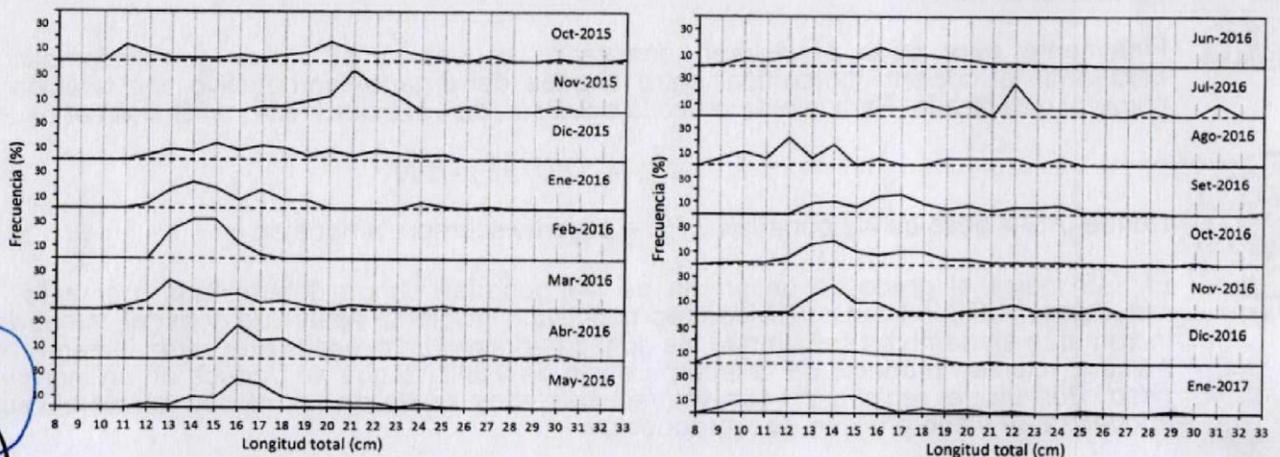


Figura 2. Progresión mensual de la estructura de tallas de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017





Respecto a la distribución de tallas por sexo para el conjunto de los cuatro sectores, el rango de longitud total para machos y hembras fue muy similar (9,0 - 33,0 cm para machos y 10,0 - 33,0 cm para hembras); siendo evidente que en general las hembras presentaron en la mayoría de meses evaluados tallas medias mayores con respecto a las de los machos; característica de dimorfismo sexual típica de esta especie (hembras más grandes que los machos) (Tabla 5).

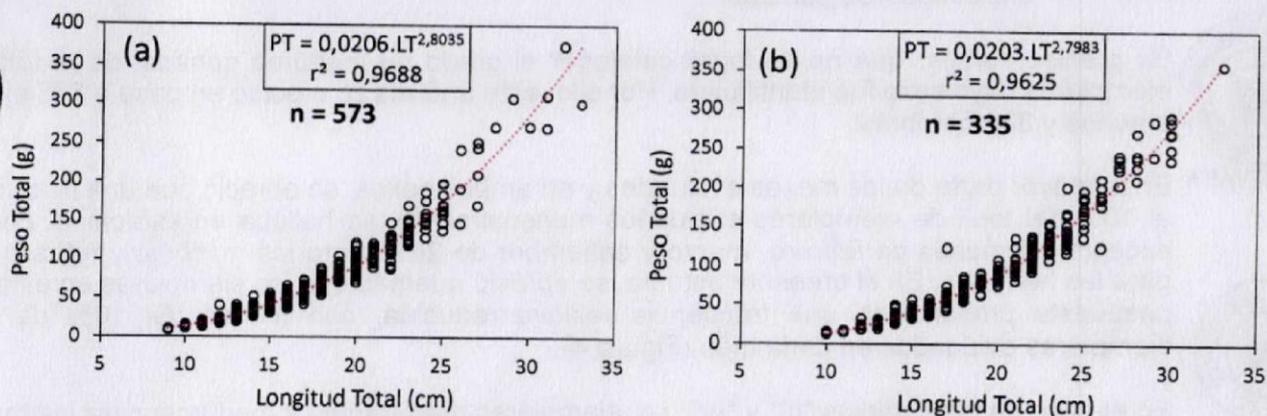
Tabla 5. Evolución mensual de los estadísticos referidos a la longitud total de ejemplares de trucha arco iris por sexos en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017

Año-mes	Machos						Hembras					
	n	mín (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas	n	mín (cm)	máx (cm)	media (cm)	CV (%)	Modas
2015-oct	28	11	33	17,9	33,9	11	17	15	30	21,0	16,1	20
2015-nov	8	17	26	21,6	11,8	22	13	18	30	21,5	13,4	21
2015-dic	37	12	28	18,1	22,1	15	37	14	27	20,2	17,9	22
2016-ene	27	13	25	16,1	23,7	13	17	13	27	16,8	18,6	15
2016-feb	19	13	16	14,3	7,4	14	10	13	17	14,8	7,7	15
2016-mar	60	11	32	16,4	27,6	13	18	13	26	19,4	20,3	21
2016-abr	22	14	27	18,1	17,5	16	22	16	30	22,5	22,1	18
2016-may	39	13	24	17,3	13,9	16	15	14	28	20,3	20,3	17
2016-jun	42	12	25	16,5	17,6	16	21	10	22	16,9	18,9	17/18
2016-jul	15	16	31	21,7	20,5	22	3	22	28	25,0	12,0	---
2016-ago	4	12	22	18,5	24,4	---	3	16	24	20,0	20,0	---
2016-set	26	13	24	17,7	16,5	17	28	16	33	20,9	20,6	17
2016-oct	85	9	26	15,5	19,4	14	35	11	30	17,7	29,0	16
2016-nov	32	11	30	15,8	27,6	14	28	14	29	20,3	22,7	22
2016-dic	71	10	25	14,5	22,9	11	37	10	25	15,8	17,5	15
2017-ene	58	9	29	13,8	28,2	11	31	10	29	16,2	27,2	13/15

n: número de ejemplares analizados; CV (%): coeficiente de variabilidad LT media

3.2 Relaciones biométricas

Según el análisis de la relación longitud – peso, los ejemplares de “trucha arco iris” en los cuatro sectores evaluados en Cajamarca tuvieron un crecimiento alométrico negativo ($P < 0,05$ en ambos casos), siendo las relaciones obtenidas bastante explicativas de la variación de los pesos en función de las tallas ($r^2 > 96\%$ en ambos casos) (Figura 3).



n: número de ejemplares analizados, r^2 : coeficiente de determinación.

Figura 3. Relaciones peso longitud (LT) - (PT) para machos (a) y hembras (b) de “trucha arco iris”, en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YÉPEZ



3.3 Proceso reproductivo

3.3.1 Proporción de sexos

En el conjunto de los cuatro sectores (ríos Chaullagón, Romero, Chonta y Múyoc) y durante todo el periodo de estudio, se constató la presencia de un mayor número de machos con respecto al número de hembras; especialmente en los meses de marzo, de mayo – julio, y diciembre de 2016, así como en enero 2017, donde las razones de sexos fueron significativamente favorables a los machos (Tabla 6).

Tabla 6. Evolución de la proporción de sexos en “trucha arco iris”, mostrando los meses en que los que se desvía significativamente de la proporción esperada 1:1, en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 – ene. 2017

Año-mes	Machos (♂)	Hembras (♀)	Proporción Sexos (♂ : ♀)	χ^2 (c)	Significancia
2015-oct	28	17	1,6 : 1	2,2222	---
2015-nov	8	13	0,6 : 1	0,7619	---
2015-dic	37	37	1,0 : 1	0,0135	---
2016-ene	27	17	1,6 : 1	1,8409	---
2016-feb	19	10	1,9 : 1	2,2069	---
2016-mar	60	18	3,3 : 1	21,5513	**
2016-abr	22	22	1,0 : 1	0,0227	---
2016-may	39	15	2,6 : 1	9,7963	**
2016-jun	42	21	2,0 : 1	6,3492	*
2016-jul	15	3	5,0 : 1	6,7222	**
2016-ago	4	3	1,3 : 1	0,0000	---
2016-set	26	28	0,9 : 1	0,0185	---
2016-oct	85	35	2,4 : 1	20,0083	**
2016-nov	32	28	1,1 : 1	0,1500	---
2016-dic	71	37	1,9 : 1	10,0833	**
2017-ene	58	31	1,9 : 1	7,5955	**

χ^2 (c): chi-cuadrado con corrección de continuidad de Yates (Zar 2010); valor crítico: $\chi^2_{0,05;1} = 3,841$; * : $P \leq 0,05$; ** : $P \leq 0,01$

3.3.2 Madurez gonadal



Es preciso señalar que no se logró catalogar el grado de madurez gonadal de la totalidad de ejemplares cuyo sexo fue identificado. Por ello, este análisis se efectuó en base a 573 ejemplares machos y 335 hembras.

R. GUEVARA

En la mayor parte de los meses evaluados y en ambos sexos, se apreció que una fracción mayor al 10% del total de ejemplares evaluados mensualmente, se hallaba en estadio “I” (inmaduro), excepto los meses de febrero, marzo y setiembre de 2016 para los machos, y febrero de 2016 para las hembras. En el presente estudio, se apreció además que los ejemplares en estadio “V” o pospuesta presentaron una frecuencia relativa reducida, con menos del 10% del total de ejemplares evaluados en cada mes (Figura 4).



J. WASIW

En el caso de los estadios “III” y “IV”, i.e. ejemplares madurantes y maduros; para los machos se observó proporciones mayores o iguales al 30% del total de ejemplares evaluados, en los meses de abril y mayo (Figura 4a); mientras que para las hembras, esto ocurrió sólo en el lapso de enero a abril de 2016 (Figura 4b). Estas cifras indican la mejor disponibilidad de machos maduros en la primera mitad del otoño de 2016, así como de hembras maduras en verano e inicios de otoño del mismo año.



V. YEPEZ

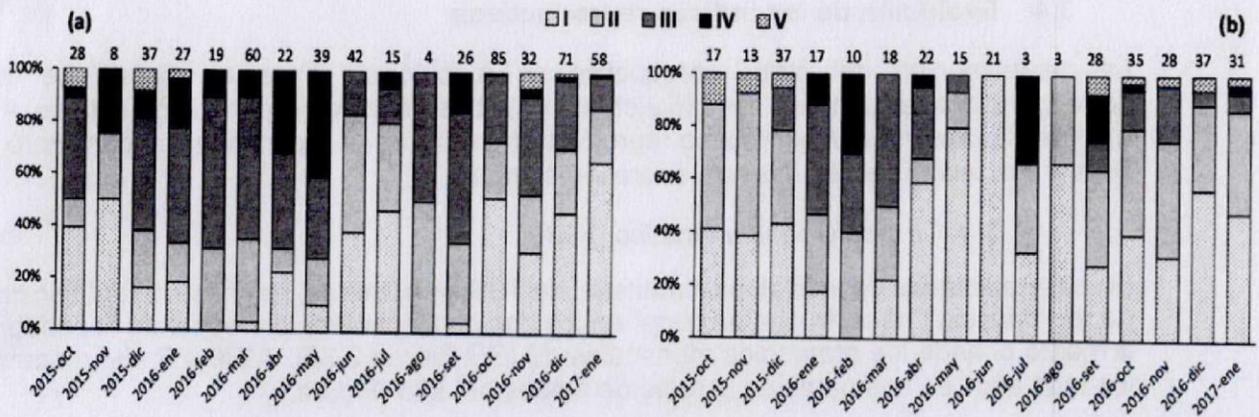


Figura 4. Evolución mensual de los estadios de madurez gonadal determinados para machos (a) y hembras (b) de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 - ene. 2017. La cifra sobre cada barra indica el número de ejemplares analizados

En general, los resultados de los análisis evidencian que ambos sexos de "trucha arco iris", en los ríos de Cajamarca, alcanzan la madurez sexual en tamaños notoriamente inferiores a la talla mínima legal de captura (25,0 cm de longitud total) (Figura 5).

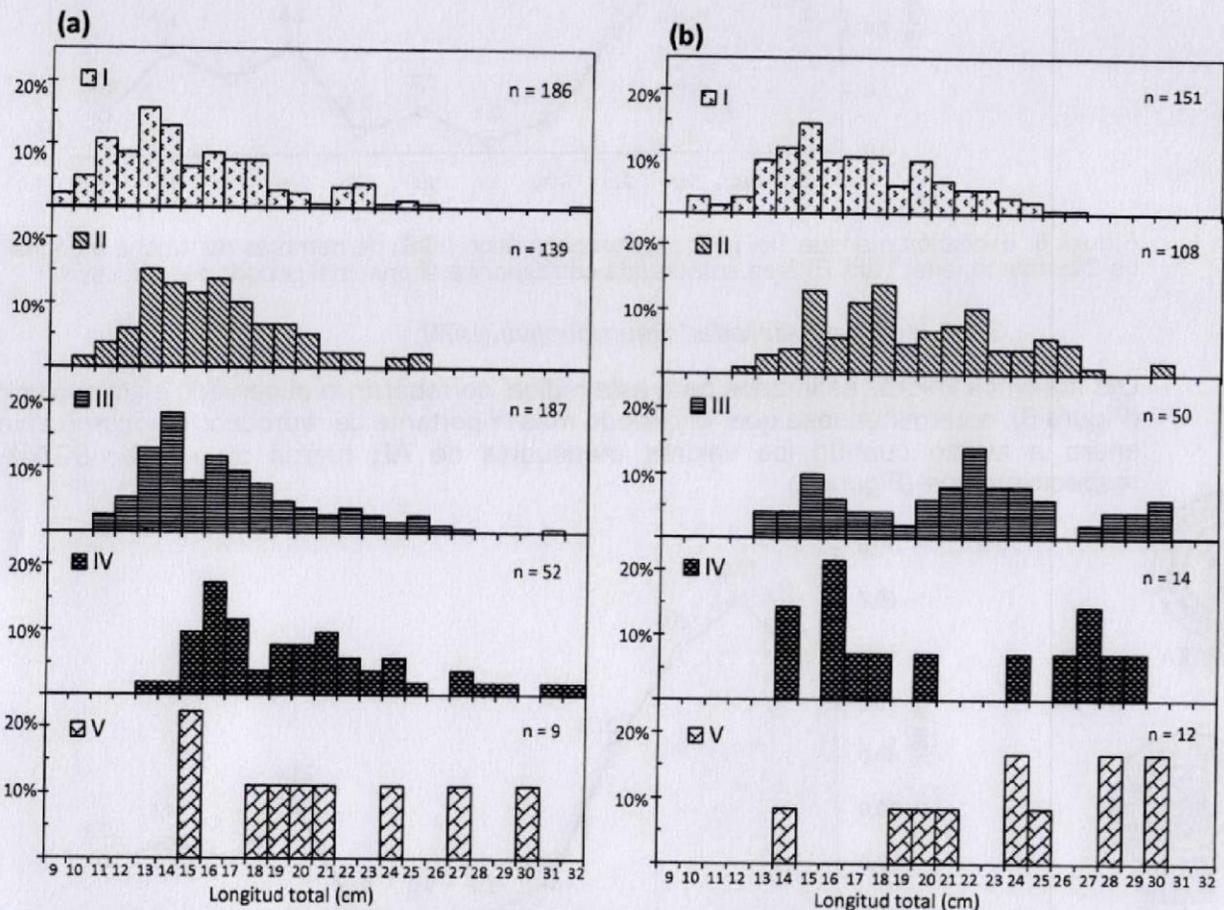


Figura 5. Madurez gonadal por talla para machos (a) y hembras (b) de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, oct. 2015 – ene. 2017. n: número de ejemplares analizados



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YÉPEZ



3.4 Evolución de los índices reproductivos

La determinación del ciclo reproductivo se efectuó en base al análisis de información correspondiente a las hembras (335 ejemplares) observadas en el periodo de estudio. Al respecto, a fin de visualizar mejor el proceso reproductivo dentro de un ciclo anual, se consideró pertinente centrar los análisis en el lapso de enero a diciembre.

3.4.1 Índice Gonadosomático (IGS)

En base al análisis de la evolución mensual del IGS en hembras, se infiere que el principal periodo de reproducción de la "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca corresponde al periodo de enero a marzo cuando los promedios mensuales de IGS fueron 2,3%, 4,2% y 3,1%, respectivamente, los más altos en comparación al resto de meses del año (Figura 6).

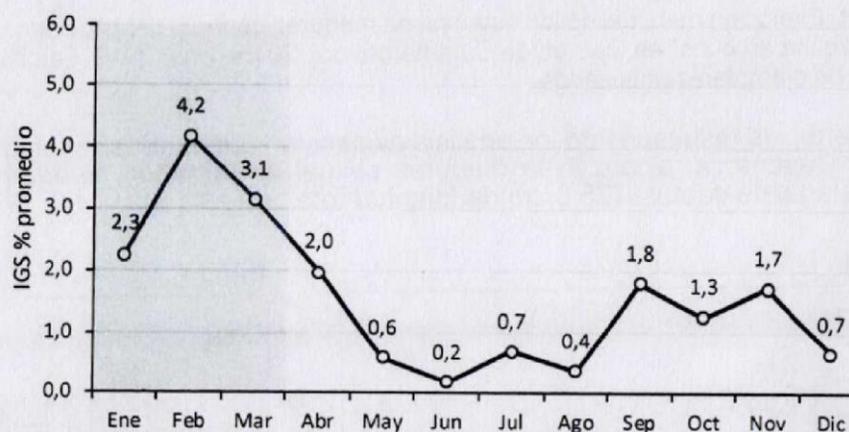


Figura 6. Evolución mensual del índice gonadosomático (IGS) de hembras de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, ene. - dic. El área sombreada corresponde al principal periodo reproductivo.

3.4.2 Índice de Actividad Reproductiva (IAR)

Los máximos valores estimados para este índice, corroboran lo observado en la evolución del IGS (Figura 6), determinándose que, el periodo más importante de reproducción ocurrió en el lapso de enero a marzo cuando los valores mensuales de AR fueron de 47,1%; 60,0% y 50,0% respectivamente (Figura 7).

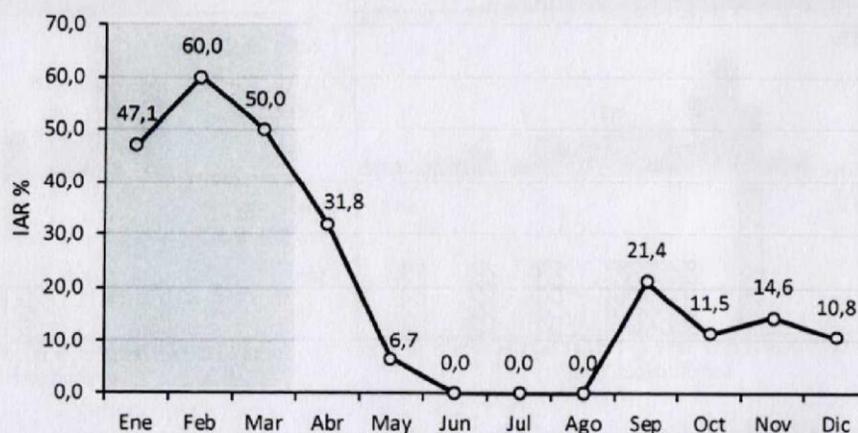


Figura 7. Evolución mensual del índice de actividad reproductiva de hembras de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, ene. - dic. 2016. El área sombreada corresponde al principal periodo reproductivo.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YEPEZ

del alto año. estratos altitudinales de los cursos acuáticos, normalmente Joáorin"n los mácnola l" l"rs"

La presencia de ejemplares maduros de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca, con tallas menores a la talla mínima legal de captura (LT = 25 cm) (Fig. 5), coincide con lo observado en otros los ríos de la región Arequipa por el IMARPr. s;niiráruñenía, ájámpures maduros áialás relativamente menores han sido observados en otros cuerpos de agua siraareri"ánás íea;;y de Gonzo 2004). En poblaciones silvestres de "trucha arco iris" el tamaño de madurez go'náa"1 sumamente variable y dep91d9 en gran medida, en particular en los machos «mli pi.i.""" qr" l las hembras), de la disponibilidad de alimento en su ambiente natural de cría.

4.2 Evolución de la maduración gonadal

El periodo reproductivo para la "trucha arco iris" en los ríos altoandinos de Cajamarca, constituye otro ejemplo de su amplia capacidad adaptativa en cuanto a sus atributos reproductivos (Candioú et al. 2011). Se sabe que en sus hábitats de origen en Norteamérica, este salmónido desova entre marzo y junio r.e. entre fines de invierno y primavera (Scott y Crossman 1973, Fausch 2001). En hábitats colonizados; como los de los ríos andinos venezolanos, la "trucha arco iris", desova entre octubre y diciembre cuando la temperatura del agua es mínima (Bastardo y Cofre 1992). En el Lago Titicaca lo hace en la temporada más fría y seca del año entre junio y julio (Everett 1973). El inicio del periodo reproductivo en ambientes lóticos parece estar vinculado al preámbulo del inicio de la temporada de creciente, lo cual concuerda con los hallazgos del presente estudio.

Sin embargo, las diferencias referidas sobre la temporalidad de los periodos reproductivos de poblaciones naturalizadas de "trucha arco iris" en diferentes zonas del país, resaltan la necesidad de extender a ellas dichos estudios, de modo que se pueda caracterizar mejor tanto su ciclo reproductivo como su principal periodo reproductivo

Según Toledo et al. (1994), el IGS en la "trucha arco iris" sigue un patrón, con bajos valores en los meses posteriores al desove, incrementándose lentamente hasta el sexto mes post-desove, para luego incrementarse rápidamente hasta llegar al máximo desarrollo ovocitario. Los resultados



del presente estudio corroboran este patrón, pues en febrero 2016 (mes de temporada de lluvias), se observó que ca. 60% de las hembras, y ca. 68% de los machos muestreados (Figura 4), se hallaban en estadios de maduración avanzada (estadios III y IV), lo que concuerda con el comportamiento del IGS de las hembras en dicho mes (Figura 7). Los análisis del IGS e IAR, muestran que el periodo reproductivo más importante de la "trucha arco iris" en los ríos altoandinos de Cajamarca abarca los meses de enero a marzo.

4.3 Proyección del desove

Según los antecedentes relacionados con el ciclo biológico de la especie, en lo concerniente a su periodo de mayor actividad reproductiva, se conoce que este tiene una duración promedio de 3 meses. Ello significa que se debiera considerar en cada año el lapso enero – marzo, como la temporada de veda reproductiva del recurso "trucha arco iris" en la Región Cajamarca.

V. CONCLUSIONES

Los stocks naturalizados de "trucha arco iris" en la región Cajamarca, presentaron las siguientes características:

- Exhiben relaciones longitud-peso, en ambos sexos, de tipo alométrico negativo.
- La mayor parte del año se aprecia proporciones de sexo favorables a los machos.
- Maduran sexualmente a tallas inferiores a la talla mínima legal de captura (LT = 25 cm)
- El principal periodo reproductivo abarca los meses de enero a marzo.



R. GUEVARA

VI. RECOMENDACIÓN

Sobre la base de los resultados obtenidos, establecer la veda reproductiva del recurso "trucha arco iris" presente en los cuerpos de agua altoandinos de la Región Cajamarca desde la primera semana de enero de cada año, por un lapso de tres (03) meses.



J. WASIW



V. YNPEZ



VII. REFERENCIAS

- Barros S.E. y de Gonzo G.M. (2004). Poblaciones naturalizadas de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la puna de Argentina: bases ecológicas para su manejo. Memorias: Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica pp 116-126.
- Bastardo H y Coche Z. (1992). Ciclo reproductivo de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, en los andes venezolanos. *Ecotropicos*, 5 (1): 26-31.
- Buitrón B., Perea A., Mori J., Sánchez J. y Roque C. (2011). Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Informe del Instituto del Mar del Perú. Volumen 38, 3: 373-384
- Candiotto A.T. y Fenoglio S. (2011). Biological and ecological data on an established rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) population in an Italian stream. *Fundam. Appl. Limnol.* 179 (1): 67-76.
- Cossíos E.D. (2010). Vertebrados naturalizados en el Perú: historia y estado del conocimiento. *Revista Peruana de Biología* 17 (2): 179 – 189.
- Chicaiza D. y Flores H. (2016). Parámetros biológicos de *Pseudocurimata boulengeri* (Characiformes: Curimatidae) en el embalse Chongón, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 64 (March), 131-146. Accedido el 11.06.2017 en <http://www.institutopesca.gob.ec>
- Everett G.V. (1973). The rainbow trout *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery of Lake Titicaca. *Journal of Fish Biology*, 5(4), 429-440.
- Fausch K.D. (2008). A paradox of trout invasions in North America. *Biological Invasions*, 10, 685-701.
- Huxley J.S. (1924). Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114: 895-896.
- Péfaur J.E. y Sierra N.M. (1998). Distribución y densidad de la trucha *Oncorhynchus mykiss* (Salmoniformes: Salmonidae) en los Andes venezolanos. *Revista de biología tropical*, 46(3), 775-782.
- Scott W.B. y Crossman E.J. (1973). Freshwater fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada Bulletin. 184:184-191.
- Soto D., Arismendi I., Solar I., Vargas M., Ruiz M., Sanzana J., Jara F., Moreno C., Barrera V. y Rivas C. (2002). Estudio del ciclo reproductivo de las principales especie objetivo de la pesca deportiva en la X Región. Inf. Final Proyecto FIP 2000-24. Universidad Austral de Chile. 153 pp.
- Toledo M., Vivar V. y Muga C. (1994). Ciclo gonadal de hembras reproductoras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la piscicultura de Río Blanco, Los Andes, Chile. *Invest. Mar., Valparaíso*, 22: 39-43.
- Tresierra A. y Culquichicón Z. (1993). *Biología Pesquera*. Trujillo, Perú. 432 pp.
- Zar J.H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th Edition). Prentice Hall, New Jersey. E.U.A. 945pp.



R. GUEVARA



J. WASIW



V. YÉPEZ

ANEXOS



Foto 1. Captura exploratoria de ejemplares de "trucha arco iris", empleando arrastra en el Río Romero.

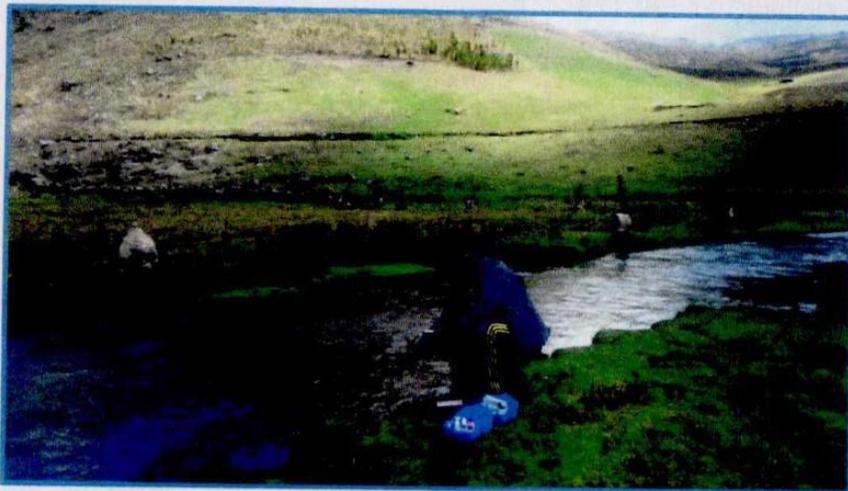


Foto 2. Evaluación limnológica para determinar *in situ* los parámetros físicoquímicos en uno de los cursos fluviales que constituye el hábitat de la "trucha arco iris"



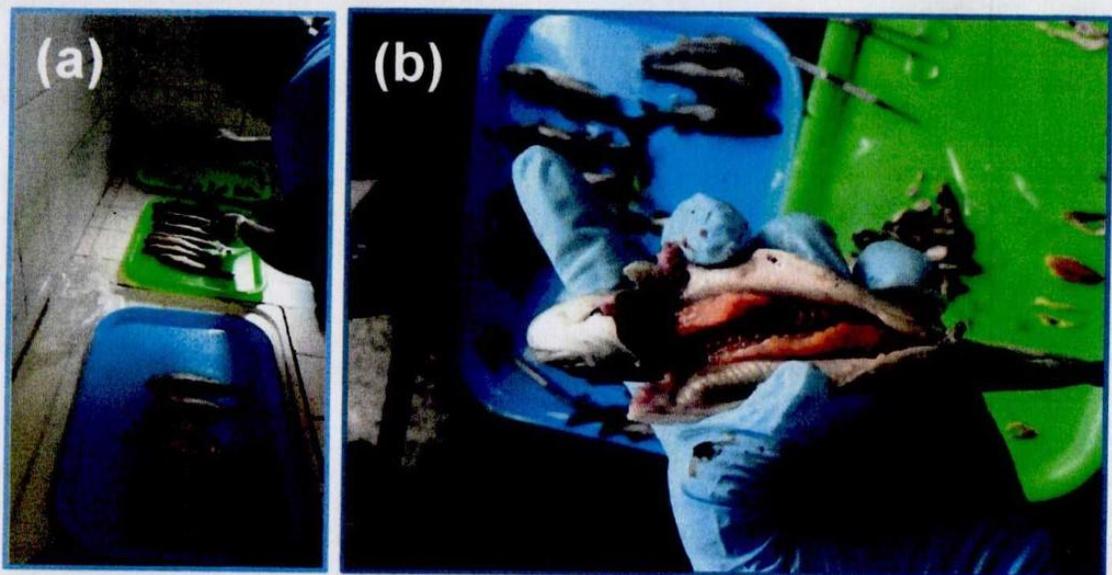
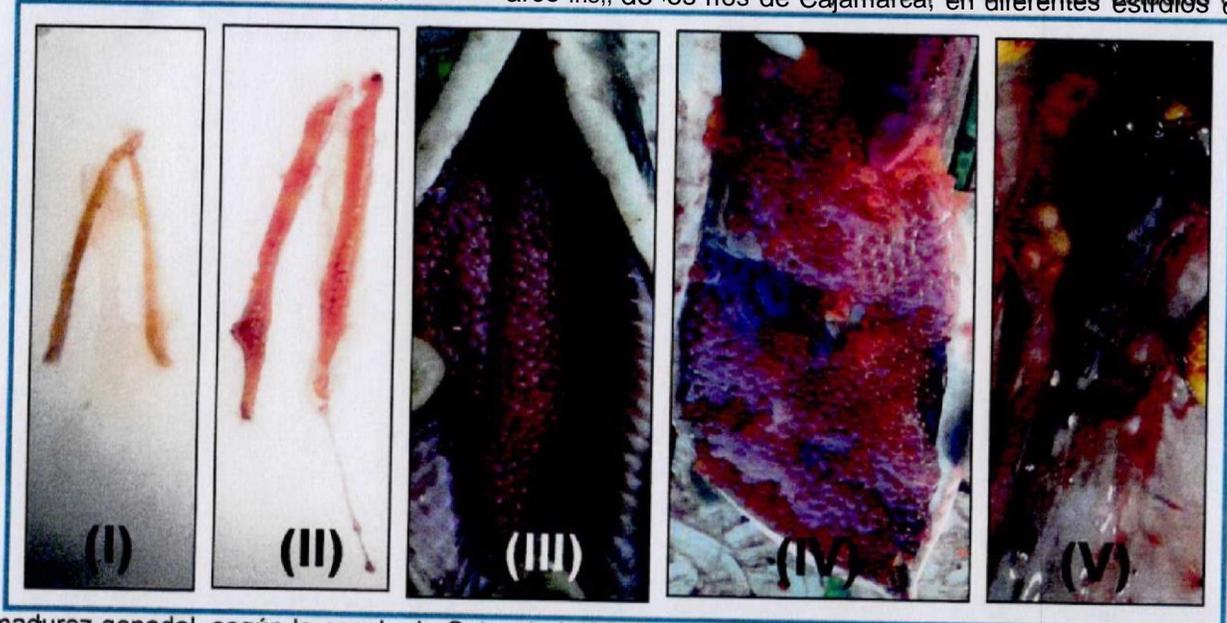



Foto 3. Muestreo biológico de "trucha arco iris" en laboratorio: (a) disección de ejemplares ordenados según su tamaño, para el retiro y catalogación de sus gónadas según la escala de Soto et al. (2002); (b) detalle de un ejemplar hembra recién diseccionado.

Foto 4. Gónadas de hembras de "trucha arco iris", de los ríos de Cajamarca, en diferentes estadios de



madurez gonadal, según la escala de Soto et al. (2012): (I) Inmaduro; (II) en desarrollo; (III) madurando; (IV) maduro; y (V) post-puesta.

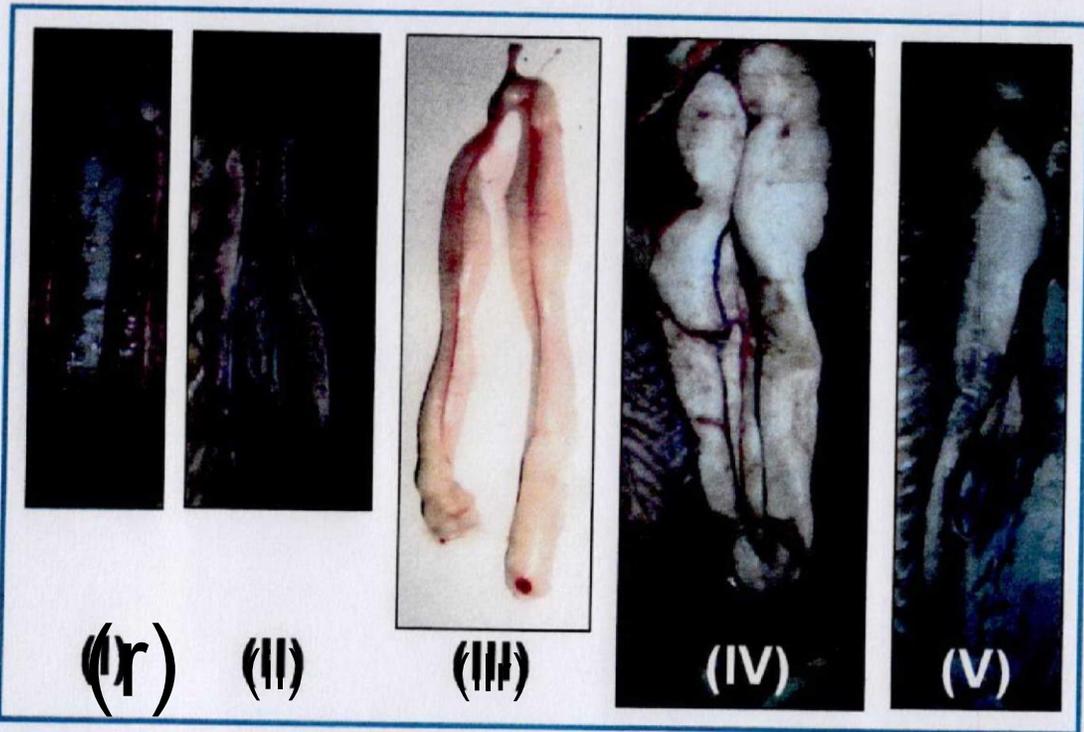


Foto 5. Gónadas de machos de "trucha arco iris" en los ríos de Cajamarca en diferentes estadios de madurez gonadal, según la escala de Soto et al. (2012): (I) Inmaduro; (II) en desarrollo; (III) madurando; (IV) maduro; y (V) post-puesta.


 R. GUEVARA


 J. WASTW


 V. Y...

RBLI/ACM/JMP/USSE

Callao, diciembre de 2017