

**Evaluación y Monitoreo Integral  
del Hábitat y los Recursos Ícticos  
del Río Santa Cruz**

**INFORME DE AVANCE**

**Carla M. Riva Rossi<sup>a</sup>, Pamela Quiroga<sup>a</sup>,**

**Mariano A. Coscarella<sup>b</sup> y Gabriela I. Masferro<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> *Instituto de Diversidad y Evolución Austral (IDEAUS-CONICET)*

<sup>b</sup> *Centro de Estudios de Ecosistemas Marinos (CESIMAR-CONICET)*

<sup>c</sup> *Instituto Patagónico de Geología y Paleontología (IPGP-CONICET)*

**6 de Marzo de 2017**

RESUMEN

En este reporte se combina información proveniente de dos estudios realizados en el río Santa Cruz destinados a estimar la relación entre la abundancia de peces y variables de hábitat y a monitorear el estado de la comunidad íctica. Este análisis constituye un paso previo fundamental para desarrollar un análisis preliminar de Idoneidad de Habitat (HS) de la fauna íctica del río que a su vez constituye el insumo para la implementación de modelado del hábitat fluvial basado en la metodología IFIM-PHABSIM (Instream Flow Incremental Methodology; Physical Habitat Simulation) el cual integra un análisis hidráulico del cauce con una componente biológica que permite conocer la disponibilidad de espacio vital en función del caudal circulante. Como insumo necesario para alcanzar esta meta, en este estudio se integró información de la comunidad íctica del río Santa Cruz con datos de variables hidráulicas disponibles en el grupo de trabajo a fin de proveer una primera caracterización preliminar de las relaciones especies-hábitat a lo largo del cauce principal del río. Más allá de los resultados de este análisis preliminar, fue evidente que es necesario seguir recabando información cubriendo todo el rango de las variables hidráulicas, incrementando el muestreo de especies e individuos y/o abarcar una mayor extensión geográfica y temporal para entender mejor el comportamiento de los peces y de esta manera poder llegar a la construcción de curvas de idoneidad de hábitat precisas y generalizadas que puedan utilizarse como insumo para la estimación de los caudales ecológicos, medida necesaria para poder comenzar a modelar el efecto de la alteración del flujo sobre el hábitat fluvial y las comunidades acuáticas del río.

## ANTECEDENTES

Los sistemas fluviales son ecosistemas de alta diversidad ambiental, cuyo funcionamiento ecológico está fuertemente vinculado con las variaciones espacio-temporales de su régimen hidrológico. Las comunidades acuáticas de estos ecosistemas responden a dicha diversidad presentando patrones de distribución que varían espacial y temporalmente en respuesta a variables tales como el ancho y la morfología del cauce, la velocidad de la corriente, la profundidad y el tipo y tamaño de sustrato, entre otras (Quiroga 2015). Estas variables pueden ser alteradas por actividades antrópicas realizadas en el cauce, tales como la construcción y operación de centrales hidroeléctricas, con consecuencias tanto a nivel de individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas aguas abajo, en el lugar y aguas arriba de la represa, y que podrían inclusive causar cambios y pérdidas a veces irreversibles. Por lo tanto, generar un conocimiento acabado sobre las relaciones especie-hábitats es fundamental para comprender y predecir el efecto de estas actividades antrópicas sobre los organismos acuáticos (Lytle y Poff 2004).

En este sentido, los efectos de las represas han sido y siguen siendo ampliamente estudiados en el mundo. Al cambiar los regímenes de caudales, aporte de sedimentos, energía, nutrientes y biota, las represas interrumpen y alteran la mayoría de los procesos ecológicos importantes de un río (Quiroga 2015). En respuesta a la alarmante pérdida del hábitat ocasionada por estas obras, surge la idea de definir un caudal hídrico que debe mantenerse aguas abajo de una estructura que modifica el flujo del río, para asegurar su buen funcionamiento ecológico. Así se desarrolla el concepto de caudal ambiental o caudal ecológico el que permite conocer en qué medida puede modificarse el caudal de un río de su estado natural sin alterar de forma perjudicial su funcionamiento e integridad ecológicos ni sus servicios ecosistémicos relacionados (calidad de agua y paisajística, biodiversidad, producción biológica, espacio recreativo, derivación y provisión de agua para actividades antrópicas, etc. (Tharme 2003; Pouilly y Aguilera 2012).

Hasta ahora, la mayoría de los estudios enfocados en determinar el caudal ambiental o ecológico de un río se basan en el modelado del hábitat fluvial a partir de metodologías ecohidráulicas (Jowett 1997). Dentro de este grupo de modelos, la metodología más difundida y aplicada alrededor del mundo ha sido la metodología IFIM-PHABSIM (Instream Flow Incremental Methodology; Physical Habitat Simulation) la cual integra un análisis hidráulico del cauce con una componente biológica que permite conocer la disponibilidad de espacio vital en función del caudal circulante. Esta metodología precisa información de la relación entre la densidad de organismos acuáticos y algunas variables hidrológicas tales como la velocidad, la profundidad y la composición del sustrato (Bovee 1982). Dicha información es presentada en forma de índices de idoneidad de hábitat (HSI, Habitat Suitability Index) o gráficamente como curvas de idoneidad de hábitat (HSC), que reflejan las tolerancias de una especie a una serie de condiciones de hábitat; es decir, la idoneidad de las condiciones de entorno que se producen para un determinado caudal. De esta forma, la especie seleccionaría aquellas zonas del cauce de condiciones óptimas para su desarrollo o fase de desarrollo; si bien, también utilizarían otras zonas menos favorables, pero de tal forma que la probabilidad de hallarla en ellas va disminuyendo. Las curvas de idoneidad del hábitat han devenido en el método más común en estudios relacionados con la

simulación del hábitat físico constituyendo una herramienta necesaria para el cálculo del régimen de caudales ambientales (Payne y Allen, 2009).

El río Santa Cruz (50°S) es el último gran río de la Patagonia Argentina sin represas. Se trata además de la única cuenca de importancia contenida enteramente dentro del territorio nacional que mantiene su caudal ininterrumpido. A diferencia de los otros grandes ríos de la región (Río Negro, Colorado y Futaleufú), el Río Santa Cruz se ha mantenido en un estado relativamente prístino, preservado de grandes impactos ambientales asociados al desarrollo urbano e industrial. La inminente construcción de dos represas: Presidente Dr. Néstor C. Kirchner (NK) y Gobernador Jorge Cepernic (JC) para la producción hidroeléctrica en el cauce principal del río Santa Cruz planteó la urgente necesidad de generar conocimiento de base acerca de las especies acuáticas y sus hábitats a fin de predecir y comprender los potenciales impactos de tales emprendimientos y evaluar normas y medidas particulares que pudieran servir para evitar y/o mitigar potenciales daños sobre la salud, integridad, calidad ambiental y productividad de la cuenca.

Para poder implementar estrategias efectivas de gestión de los regímenes de caudal del río Santa Cruz se requiere información ecológica de las especies. Teniendo en cuenta esta necesidad y con el objetivo de generar una línea base de información que pueda ser utilizada para predecir y estimar los impactos y planificar estrategias de mitigación o recuperación del ecosistema en el mes de septiembre del año 2015 se realizó el Estudio de Impacto Ambiental (EslA). Este cuenta con un monitoreo de las especies ícticas del río a lo largo del curso principal y presenta una propuesta de estudios adicionales para la evaluación y el monitoreo de la ictiofauna y los recursos pesqueros. Posteriormente, en Octubre de 2015 se llevó a cabo un estudio de Monitoreo Ambiental dirigido a profundizar el conocimiento y monitorear el estado de las especies ícticas del río. Actualmente, se encuentra en marcha además un segundo monitoreo de las especies ícticas pero incluyendo en esta ocasión el estudio del hábitat de los peces a fin de poder estimar las curvas de idoneidad del hábitat que servirán de insumo para la estimación de los caudales ecológicos, medida necesaria para poder comenzar a modelar el efecto de la alteración del flujo sobre el hábitat fluvial y las comunidades acuáticas.

En este reporte se pretende entonces realizar una caracterización preliminar de la relación entre la abundancia y distribución de especies ícticas del río Santa Cruz y sus hábitats en condiciones previas a la construcción de las represas. Para ello en esta primera etapa se realizó un análisis preliminar combinando información biológica e hidráulica recabada en el río Santa Cruz a fines de Septiembre de 2010 (muestreo de peces y sus hábitats llevado a cabo por el Grupo de Salmónidos Anádromos –GESA– del CENPAT-CONICET) y en Octubre de 2015 (Monitoreo de las Especies Ícticas realizado a solicitud del Área de Medio Ambiente de la UTE Represas Patagonia). Es preciso advertir desde el inicio algunas limitaciones de este estudio. En primer lugar, los muestreos fueron realizados por distintos grupos de trabajo y en distintos años, pero en la misma temporada. Los estudios de investigación de peces y sus hábitat realizados en el Santa Cruz sugieren que la variación interanual tanto del hábitat como de la dinámica poblacional en la trucha arco iris y el puyen son bajas, no así la variación estacional. Por lo tanto, la falta de evidencia de una variación estacional marcada nos lleva a proponer que combinar muestreos de distintos

años puede ser utilizado como una primera aproximación a las curvas de idoneidad. La otra limitación, y quizás la más importante, es que este análisis se realizó a partir de datos recabados para medir abundancias de peces capturados mediante electropesca en relación con variables de hábitat y no a partir de la toma de datos que reflejen la preferencia de hábitat de los peces y la disponibilidad de hábitats total del río.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis preliminar para caracterizar la asociación entre algunas variables hidráulicas (profundidad y velocidad focales y tamaño de sustrato) y el desarrollo de especies claves de la comunidad íctica en el río Santa Cruz, en condiciones de baja perturbación ecológica (previa a la construcción de las represas), durante la temporada de caudal bajo del río.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir el hábitat disponible para las especies más abundantes de la ictiofauna del río Santa Cruz en términos de velocidad, profundidad y composición del sustrato.
2. Estimar parámetros básicos de diversidad y riqueza comunitaria de las especies ícticas a lo largo del río.

## **ÁREA DE ESTUDIO: EL RÍO SANTA CRUZ**

La cuenca del río Santa Cruz comprende 24.541 km<sup>2</sup>, de los cuales 5000 km<sup>2</sup> se encuentran en la zona de nieves permanentes. El curso principal del río Santa Cruz se extiende de oeste a este a lo largo de 382km, entre el Lago Argentino y su desembocadura en el mar argentino por medio de una extensa ría (6km en su parte más ancha) donde también vierte sus aguas el río Chico (Figura 1). La alimentación dominante en este río es de ablación glaciar, presentando una sola onda en verano otoño y estiajes en invierno primavera. Presenta, además, pulsos estacionales de caudal resultantes de las lluvias, siendo éstas de escasa importancia para los derrames del río (Riva Rossi, 2004). El caudal medio del río es de 691 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, con una media mínima de 278,1 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> en Septiembre y una media máxima de 1.278 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Marzo). La temperatura media anual del agua es de 9°C con un máximo registrado en Enero (15° C) y una mínima en Julio (3° C) (Quiroga, 2015).

El curso principal tiene una pendiente media moderada (0,53m/km), con una primera parte rápida, encajonada, márgenes desnudas y lecho rocoso. En el km 356 desde la desembocadura, recibe al río Bote, único afluente de relativa importancia. A partir de esa confluencia el río Santa Cruz efectúa un meandro pronunciado hacia el oeste, conocido como Vuelta del Segundo Laberinto. El cauce avanza luego, sinuosamente hacia el oeste hasta describir la Vuelta del Primer Laberinto, donde el río experimenta un marcado ensanchamiento llegando hasta dos kilómetros. En esta porción superior el lecho del río se encuentra cubierto por una mezcla de material grueso, compuesto mayormente de gravas y cantos rodados y, en menor medida bloques de mayor tamaño. Hacia sus márgenes, el río se caracteriza por una alternancia entre correderas y pozones y amplias bahías que se forman en asociación a curvas pronunciadas del curso, puntas y bancos de

grava. Las correderas presentan un lecho cubierto de canto y grava de aguas rápidas y escasa profundidad, mientras que los pozones y bahías presentan un sustrato más fino compuesto de gravilla y arena y sus aguas son más calmas y profundas (Riva Rossi, 2004). En adelante el río es más meandroso y sólo recibe afluentes menores sobre la margen norte, como el Cañadón Yaten Guajen y el arroyo Lechuza. En el cauce inferior la influencia de las mareas llega hasta 57 km aguas arriba de su desembocadura, lo que propicia la formación de una extensa ría, con numerosas islas y bancos. En esta porción el lecho del río se encuentra cubierto por un sustrato más fino compuesto principalmente por gravas finas y arena (GESA, datos no publicados).

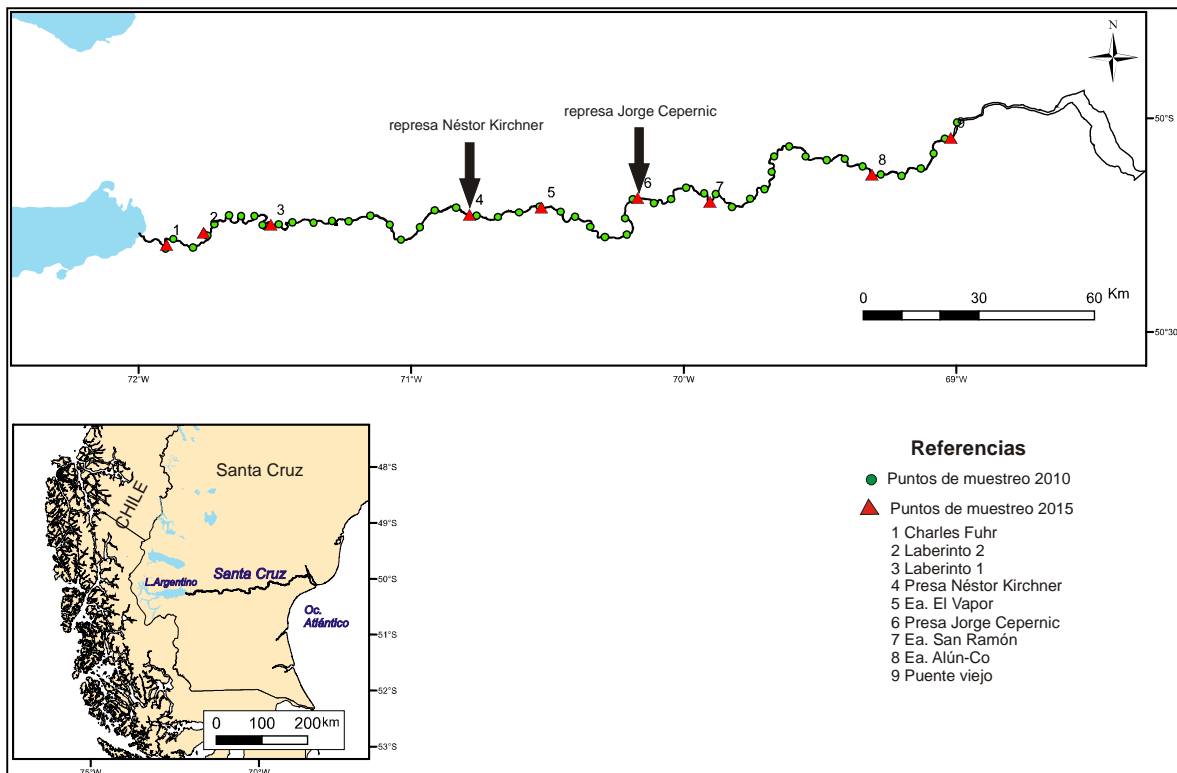


Figura 1. Mapa de ubicación del río Santa Cruz donde se indican los sitios de muestreo realizados en Septiembre de 2010 (Quiroga, 2015) y Octubre de 2015 (Hudson, 2015) y la ubicación de las presas Presidente Dr. Néstor Kirchner y Gobernador Jorge Cepernic

Próximamente, el cauce libre del río Santa Cruz se verá obstruido por dos represas: la presa Presidente Dr. Néstor C. Kirchner (NK) (Ea. Cóndor Cliff, 50.206°S, 70.785°O) se localizará en el km 132 del río y mientras que la presa Gobernador Jorge Cepernic (JC) (Ea. La Barrancosa, 50.185°S, 70.177°O) se localizará en el km 197 del río. En conjunto, las mismas mantendrán bajo regulación 197 km del río, dejando el 51 % del largo restante regulado (Figura 1).

La fauna íctica del río Santa Cruz es relativamente pobre y está compuesta por cuatro especies nativas perca (*Percichthys sp.*), puyen chico (*Galaxias maculatus*), lamprea (*Geotria australis*), y puyen grande (*Galaxias platei*), y cuatro especies exóticas de salmónidos: trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha de lago (*Salvelinus namaycush*), trucha marrón (*Salmo trutta*) y salmón Chinook (*Oncorhynchus*

*tshawytscha*). De estas, la trucha arco iris y el salmón Chinook han conseguido recrear el comportamiento anádromo (e.g, migración entre el agua dulce y el océano), un comportamiento muy poco frecuente fuera del rango nativo de distribución de las especies. En este sentido, la anadromía o diadromía, parecería ser un comportamiento prevalente en el río Santa Cruz presente también en las especies nativas: puyen (Carrera et al., 2013) y lamprea.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **COLECCIÓN DE DATOS**

*Septiembre de 2010 (Grupo de Estudios de Salmónidos Anádromos, GESA – CENPAT-CONICET)*

Se muestrearon un total de 52 sitios ubicados a intervalos regulares de 6 km a lo largo de los 320 kilómetros de río. El primer sitio aguas arriba se ubicó en Charles Fuhr (a 10 km aguas abajo del Lago Argentino) y el último sitio aguas bajo se ubicó en la localidad de Piedra Buena (318 km de un lago) cerca del estuario (Figura 1).

Las variables locales se midieron in situ en cada uno de los 52 sitios siguiendo Gordon et al., (2004), dentro de un radio de 15 metros en el punto de muestreo (por ejemplo, el oxígeno disuelto, la profundidad local, la velocidad local, tamaño de sustrato). La profundidad media local se calculó a partir de 3 mediciones dentro de la zona de muestreo utilizando una barra graduada con una precisión de 1 cm. La velocidad local se obtuvo midiendo el tiempo que tardaba un frasco de plástico medio lleno y semi sumergido en recorrer una distancia de 5 metros en cada sitio de muestreo. La composición del sustrato se estimó caminando río arriba a lo largo de una línea imaginaria en zigzag en un área de 100 metros de largo y de 2 a 5 metros de ancho, midiendo el ancho de 100 piezas del sustrato elegidas de manera aleatoria. La mediana del tamaño de las 100 piezas se utilizó como medida del tamaño de sustrato para el sitio. Además, el sustrato en cada sitio muestreado fue clasificado visualmente de acuerdo con la proporción de los diferentes tamaños del mismo. Las categorías utilizadas fueron las siguientes: <0,06 mm limos, 0,06-2 mm arena, 2-8 mm gravilla, 8-64 mm grava, 64 - 264 mm canto rodado, > 264 mm bloque.

La captura de los peces en cada uno de los 52 sitios se realizó mediante el procedimiento pesca eléctrica, realizando una sola pasada estándar (Smith -Root LR- 24 pescar eléctrica; Frec 90 Hz, ancho de pulso de 3 ms). En cada sitio, se trazó una transecta de 100 m de largo con un ancho que va desde la zona litoral hasta una profundidad promedio de 0,7 m donde se realizó un recorrido en zigzag para la captura de los peces. Para estandarizar el proceso de muestreo en la selección de los sitios, siempre se eligió el borde del canal que presentaba el menor gradiente. Siendo el cauce principal del río Santa Cruz una estructura homogénea y grande, siempre se encontraron lugares adecuados para realizar la electropesca. Los peces fueron sacrificados con una sobredosis de MS222 y se almacenaron en un freezer portátil a -18 ° C. En el laboratorio, se contaron todos los peces, se le tomaron medidas a cada uno de los individuos de su longitud (largo de furca). Estos datos fueron procesados con un calibre digital (0.01mm unidad más cercana).

Cada sitio muestreado permitió tener asociados los datos de abundancia de peces a los parámetros hidráulicos en cada sitio. Correlacionando esta información fue posible establecer los valores de las variables físicas que estaban siendo utilizadas por las diferentes especies. Todos estos datos fueron georreferenciados, procesados y vinculados utilizando la extensión Spatial Analyst del programa ArcGIS 10.1 (ESRI, 2011).

*Muestreos de Octubre 2015 (Tec. Piscicultura Rubén Hudson, Para mayor detalle de los métodos ver Reporte Original en Anexos)*

Se utilizaron redes agalleras para muestrear la comunidad íctica en 9 sitios a lo largo del cauce principal del río Santa Cruz: Charles Fuhr (50.26°S, 71.88°O), Laberinto 2 (50.24°S, 71.74°O), Laberinto 1 (50.22°S, 71.50°O), Presa Néstor Kirchner (50.21°S, 70.77°O), Ea. El Vapor (50.20°S, 70.51°O), Presa Jorge Cepernic (50.18°S -70.16°O), Ea. San Ramón (50.19°S, 69.90°O), Ea. Alún-Co (50.13°S, 69.31°O), Puente Viejo (50.05°S, 69.02°O) (Figura 1). Para el calado de las redes se buscaron lugares con profundidad adecuada y escasa corriente (remansos, brazos o bahías), calándose en horas de la tarde para el levante de las mismas en horas de la mañana siguiente, aplicando el mismo esfuerzo pesquero en todos los sitios muestreados. Todas fueron caladas perpendiculares a la costa sostenidas en la costa por estaca de hierro y en el extremo opuesto por muerto sobre la relinga de plomos y flotador suelto fijado a la relinga de boyas, Estas se mantuvieron siempre en la posición colocada ya que se instalaron en lugares con escasa corriente. En cada sitio de muestreo se distribuyeron las redes ocupando distintas distancias entre si y de acuerdo a los lugares óptimos disponibles, cubriendo largos sectores del río, los que variaron de acuerdo al sitio. Los peces capturados fueron identificados por especie, medidos (largo Furca), pesados y sexados. Se registró el estado de maduración reproductiva, contenido estomacal y estado sanitario general.

Debido a que en este monitoreo no se recabó información de las variables hidráulicas asociadas a cada punto de muestreo a fin de caracterizar en forma preliminar el hábitat de los peces capturados en Octubre del 2015 se utilizó información hidráulica registrada en Septiembre de 2010. Como se explicó anteriormente este análisis se basó en el supuesto de que las variables de análisis no presentan variación interanual, Para ello los datos de velocidad, profundidad y composición del sustrato recogidos cada 6 km a lo largo del río se utilizaron para predecir el valor de estas variables en los sitios de muestreos utilizados en Octubre de 2015. La predicción de las variables en los puntos no muestreados se realizó a partir de la técnica de interpolación de Inverse Distance Weighted (IDW) o de "ponderación por distancia" disponible en ArcGIS. El IDW es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, parte del supuesto que los puntos que están más cerca son más parecidos, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar. La interpolación de variables de hábitat es posible gracias a la correlación espacial existente entre estas variables hidráulicas la que además contribuye a mejorar la precisión y el valor predictivo de las interpolaciones (Sheehan y Wells 2013).

A fin de interpolar las variables de hábitat medidas en Septiembre de 2010 a los puntos de muestreo tomados en Octubre de 2015 y al mismo tiempo evaluar la precisión de la interpolación el set de 52 puntos se separó en 37 muestras de "entrenamiento" (utilizados para generar la interpolación) y 15 muestras de prueba (utilizadas para evaluar la precisión de la interpolación). Las interpolaciones se realizaron



por medio de la extensión *Spatial Analyst* del programa ARCGIS y se generaron con los doce puntos más cercanos mientras que la precisión de cada interpolación se evaluó comparando el valor obtenido en el campo con el valor interpolado a partir de las muestras de entrenamiento a través de una prueba de correlación de Pearson ( $R^2$ ). De todos modos es necesario insistir en que estos resultados deben ser tomados con cautela ya que el hábitat interpolado (correderas) no se corresponde exactamente con el tipo de hábitat en el cual los peces fueron capturados (remansos, pozones, bahías)

## ANÁLISIS DE LOS DATOS

### *Análisis de Diversidad*

Se evaluó la diversidad específica de los tramos muestreados mediante el Índice de Diversidad de Shannon (Shannon y Weaver 1949).

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde  $p_i$  es la proporción de la especie  $i$  en el muestro y  $S$  es la riqueza de especies. La varianza de  $H'$  (Magurran 1980) se estimó de la siguiente manera,

$$V \cong \frac{\sum p_i (h p_i)^2 - (h p_i)^2}{N} - \frac{S - 1}{2N^2}$$

Adicionalmente los tramos del río muestreados fueron clasificados como Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja de acuerdo a lo propuesto por Quiroga (2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Inventario biológico*

Durante la campaña de Septiembre de 2010 se colectaron mediante pesca eléctrica 1608 individuos de los cuales el puyen fue la especie más abundante con el 65,5%, seguido por juveniles de trucha arco iris con el 31,6% y larvas de lamprea con 2.89%. Durante los muestreos de Octubre de 2015 se capturaron 232 individuos mediante el uso de redes agalleras (Tabla 1). De estas capturas el 58,2% correspondió a ejemplares adultos de trucha arco iris, las capturas de ejemplares de perca alcanzó el 18,5% seguidas por capturas de trucha marrón con el 15,5%. Las especies restantes capturadas: lamprea, salmón Chinook y Steelhead estuvieron muy poco representadas con menos del 2% de las capturas cada una. De estas capturas las mayores abundancias de trucha arco iris en fase adulta ocurrieron en la cuenca alta y en la cuenca baja, mientras que la perca fue más abundante en la cuenca alta. El listado y composición por especies y sitios de los peces capturados aparece en el Informe elaborado por el Sr. Téc. En Piscicultura Rubén Hudson solicitado por la UTE Represas Patagonia el cual se encuentra disponible como Anexo.

UBICACIÓN				VARIABLES HIDRÁULICAS			SUSTRATO (%) (en mm)						CAPTURAS						
Sitio	kmr	LAT	LON	Mediana sustrato (mm)	Profundidad (cm)	Velocidad (cm/seg)	finos ( $\leq 0,06$ )	arena ( $\leq 2$ )	gravilla ( $\leq 8$ )	grava ( $\leq 64$ )	caritos ( $\leq 264$ )	bloques ( $\geq 264$ )	Trucha arco iris	Lamprea	Trucha marron	Perca	Salmón Chinook	Steelhead	Trucha de lago
Charles Fuhr	11.6	-50.26	-71.88	90.5	14.4	76.3	0%	0%	0%	18%	78%	4%	29	0	2	5			2
Laberinto 2	29.6	-50.24	-71.74	105.2	22.5	3.5	0%	0%	0%	20%	78%	2%	17	0	2	19			1
Laberinto 1	61.0	-50.22	-71.50	111.2	34.4	38.5	0%	2%	0%	10%	78%	10%	21	0		6	1		1
Presa Néstor Kirchner	127.9	-50.21	-70.77	58.9	24.9	39.9	0%	36%	0%	28%	36%	0%	5	1	1				1
Ea. El Vapor	148.3	-50.20	-70.51	79.6	7.3	0.3	0%	0%	0%	18%	82%	0%	5	0	2	3			2
Presa Jorge Cepernic	191.0	-50.18	-70.16	61.5	13.2	4.6	0%	0%	0%	50%	50%	0%	7	0	2	6		1	2
Ea. San Ramón	217.0	-50.19	-69.90	63.4	26.0	34.0	0%	2%	0%	80%	18%	0%	22	0		3		1	
Ea. Alún-Co	289.4	-50.13	-69.31	80.2	22.5	16.6	0%	0%	0%	16%	84%	0%	19	0	1		2	1	2
Puente Viejo	311.4	-50.05	-69.02	60.5	15.1	4.6	0%	10%	0%	40%	50%	0%	10	0	6	1			1

Tabla 1. Datos de Capturas para los sitios muestreados durante la campaña de Octubre de 2015 a lo largo del río Santa Cruz con los datos de las variables hidráulicas interpoladas

### Diversidad

En la Figura 2 puede observarse los valores del Índice de Diversidad de Shannon ( $H'$ ) para los tramos relevados. Los valores del índice son mayores para los tramos medios de la cuenca, con la excepción de sitio de muestreo ubicado en la Estancia San Ramón. El índice obtenido para cada lugar de muestreo presenta un sesgo negativo debido al tamaño muestral (Liu y Nordheim, 2006). Los valores del índice obtenidos en cada sitio de muestreo son en todo caso una subestimación del verdadero valor, considerando el método de muestreo utilizado. Se utilizó la prueba de t-Student para comparación de medias del índice, corregida mediante el método de Bonferroni. La comparación se realizó centrándose en el valor obtenido para la Estancia San Ramón, considerando que este es apreciablemente menor que para el resto de los sitios. No existen diferencia significativas en ningún caso, con la única excepción de la comparación realizada entre San Ramón y Laberinto 2 ( $t$  Student = 2,87;  $V$  = 56,75;  $p$  = 0,0056).

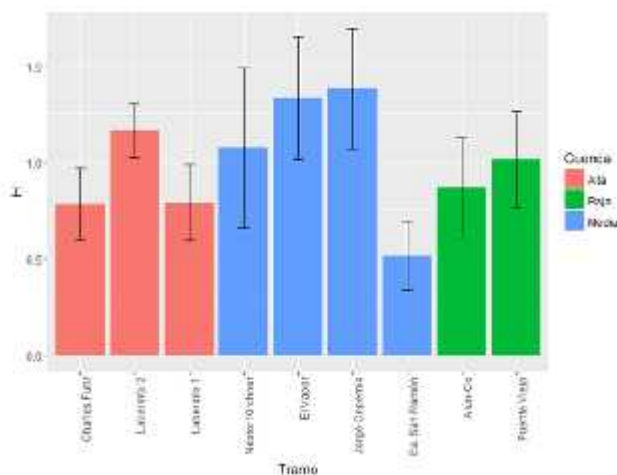


Figura 2. Índice de Diversidad de Shannon ( $H'$ ) indicando la diversidad de especies de la comunidad íctica del río Santa Cruz

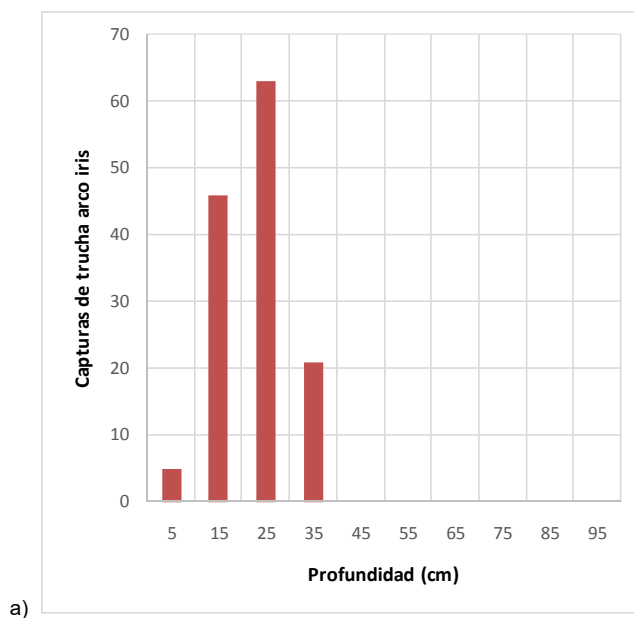
### *Variables Hidráulicas*

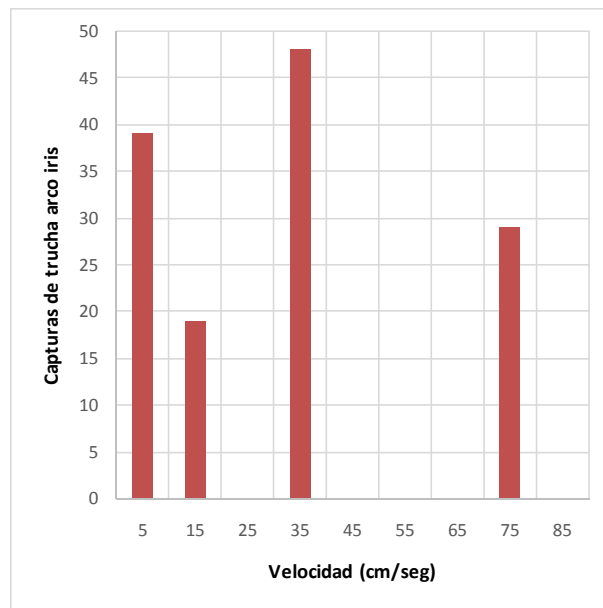
El valor de las variables hidráulicas velocidad, profundidad y tamaño y composición del sustrato interpoladas para los 9 sitios de muestreo de Octubre de 2015 se muestran en la Tabla 1. Debido a que las medidas son puntuales para cada sitio de muestreo no pudieron compararse a partir de pruebas estadísticas. A pesar de esto, en términos generales se puede ver la baja variación de las mismas a lo largo del río, siendo el sustrato la variable que presentó mayor variación, con máximos en la zona de Charles Fuhr y los Laberintos, en el curso superior, y mínimos en las zonas donde se ubicarán las presas y San Ramón. Por otro lado, las variables velocidad y profundidad mostraron valores mínimos en las localidades de la zona media del río.

### *Asociación especies - hábitat*

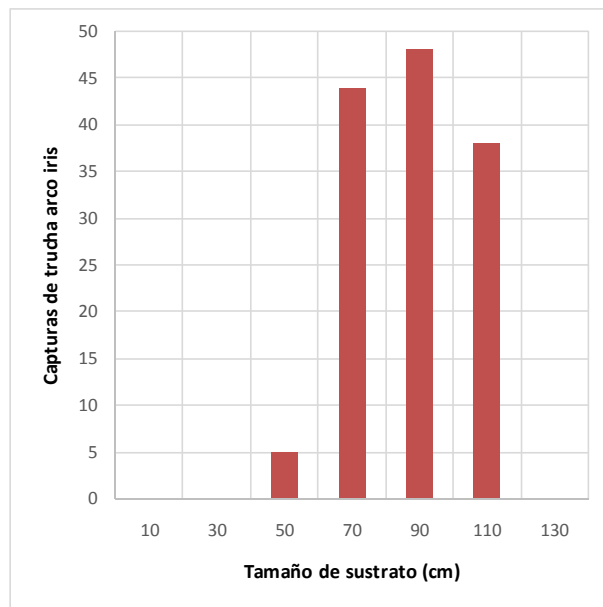
El análisis de relación hábitat-peces fue realizado para aquellas especies con un N mínimo de 50 individuos. Bajo esta condición quedan las diferentes clases de edad de la trucha arco iris (juveniles y adultos), el puyen y la lamprea. Las especies restantes no fueron incluidas en el análisis por tener una muy baja abundancia.

La asociación entre la abundancia de la trucha arco iris adulta y las variables hidráulicas se presentan en la Figura 3 para la profundidad, la velocidad y el sustrato. Los valores obtenidos deben considerarse con extrema cautela ya que como se mencionó antes estos valores (interpolados) corresponden a hábitat de corredera aledaños a los remansos y bahías donde fueron capturados los peces. Según este análisis las mayores capturas (Figura 3 a) ocurrieron en aguas someras (rango entre 15 y 25cm), para un amplio margen de velocidades en las márgenes del río, aunque con máximos en velocidades de 35 cm/seg (Figura 3 b) y para tamaños de sustrato compuesto principalmente por canto rodado (Figura 3c).





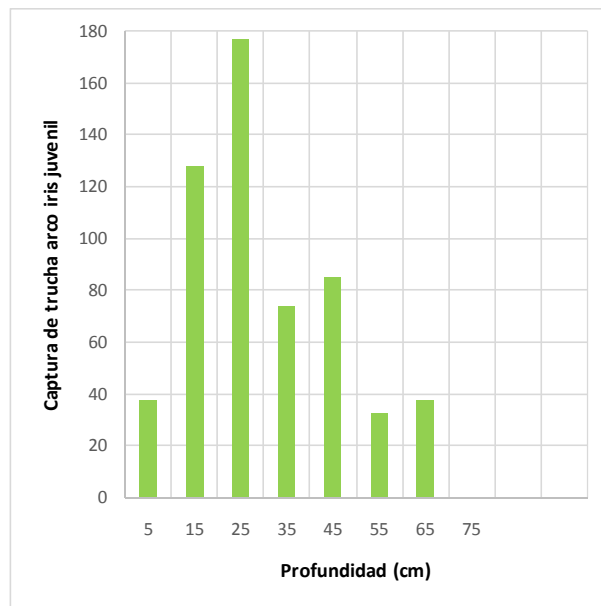
b)



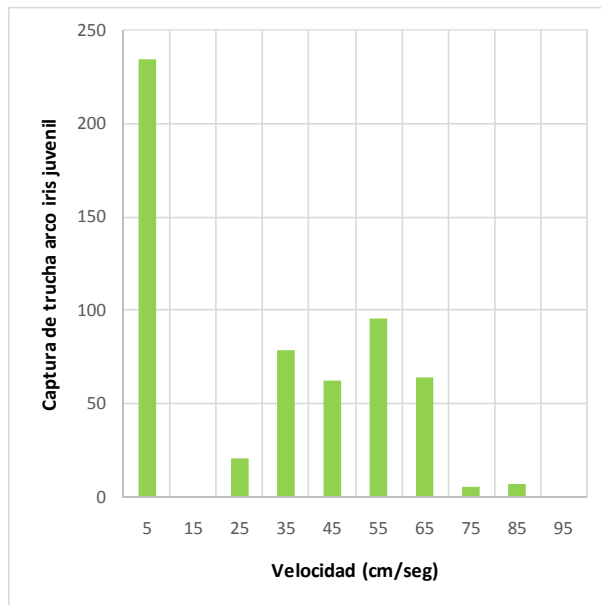
c)

Figura 3: Relación entre las variables hidráulicas y la abundancia de las capturas de adultos de trucha arco iris.

Las capturas de trucha arco iris, en su estadio juvenil ocurrieron mayormente en aguas más someras, en un rango de 15 a 25 cm (Figura 4 a). No se evidencia un patrón de uso de las velocidades del río y los ejemplares pueden encontrarse en todo el rango medido, aunque con predominancia de capturas a velocidades muy bajas (Figura 4 b). Tampoco se evidencia un patrón marcado de uso de un tipo de sustrato particular estando las capturas repartidas en sustratos que van desde la grava hasta el canto rodado, con predominancia en este último tipo de sustrato (Figuras 4c).



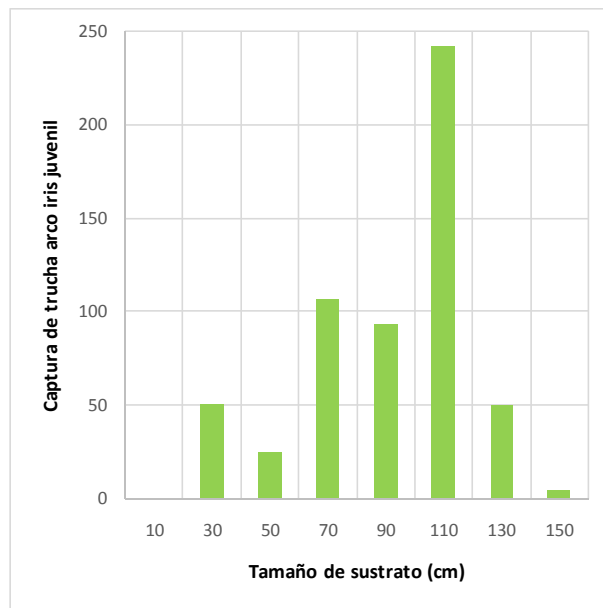
a)



b)

Para el caso del puyen, las capturas ocurrieron mayormente en rangos de profundidad de 40 a 50cm (Figura 5 a), mientras que el rango de velocidades donde la especie fue capturada fue muy amplio, desde 5cm/seg hasta 50cm/seg, con máximos en los 40 cm/seg (Figura 5 b).

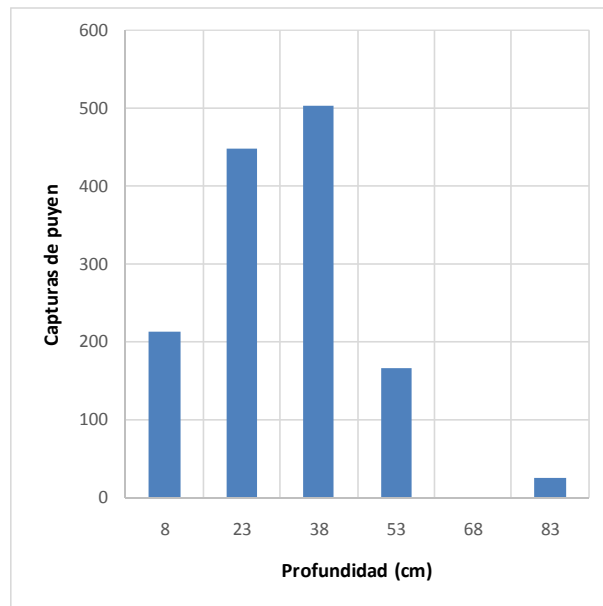
En relación con el sustrato la mayor parte de las capturas ocurrieron en zonas con fondo de grava y canto rodado, siendo máximas en sitios con fondo de canto rodado (Figura 5c)



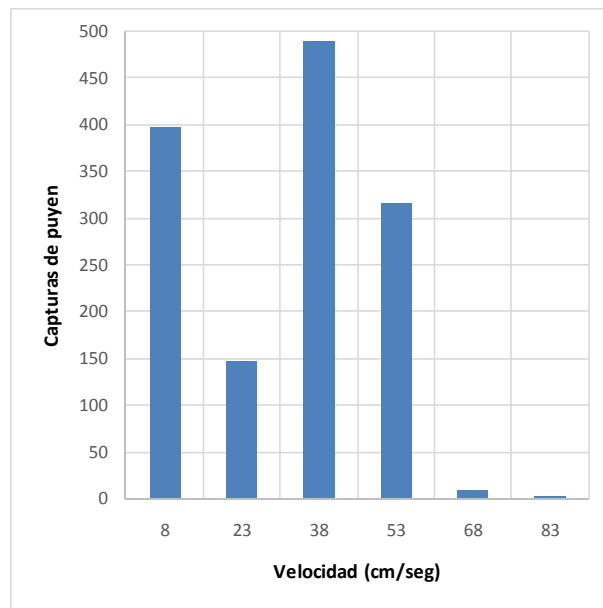
c)

Figura 4. Relación entre las variables hidráulicas y la abundancia de las capturas de juveniles de trucha arco iris

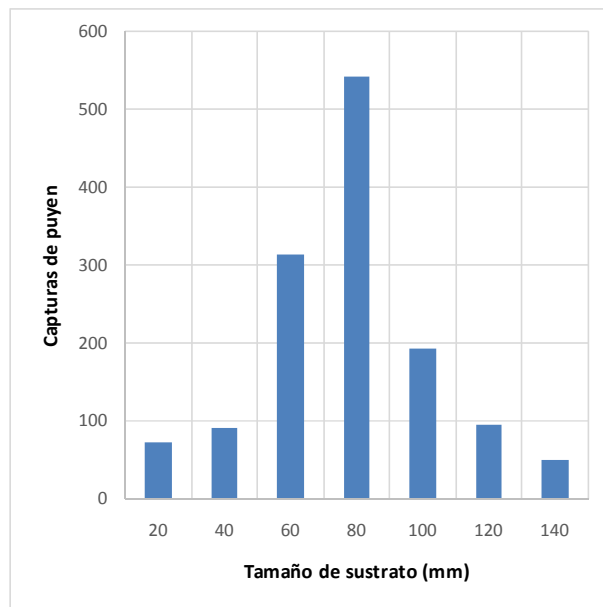
Por último, para el caso de la lamprea, las capturas ocurrieron casi exclusivamente en un único evento de muestreo, por lo que es difícil caracterizar y generalizar la relación entre su abundancia y las variables hidráulicas (Figura 6). Las capturas ocurrieron en aguas someras a 45 cm profundidad con velocidad de corriente de 35 cm/seg y en fondos compuestos principalmente por cantos rodados.



a)

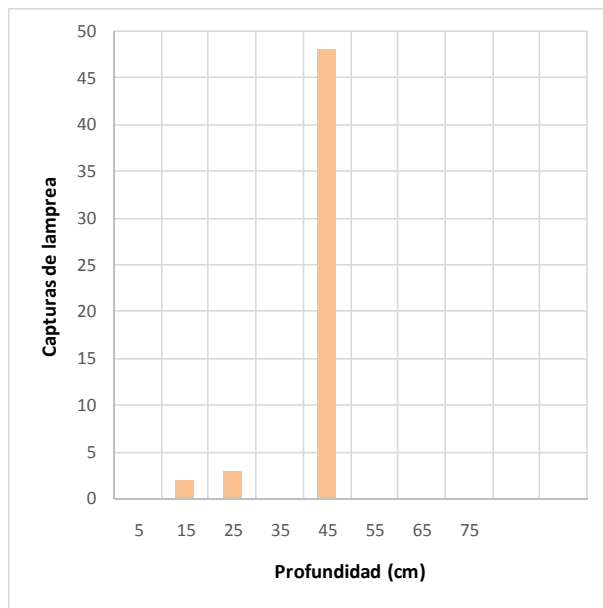


b)

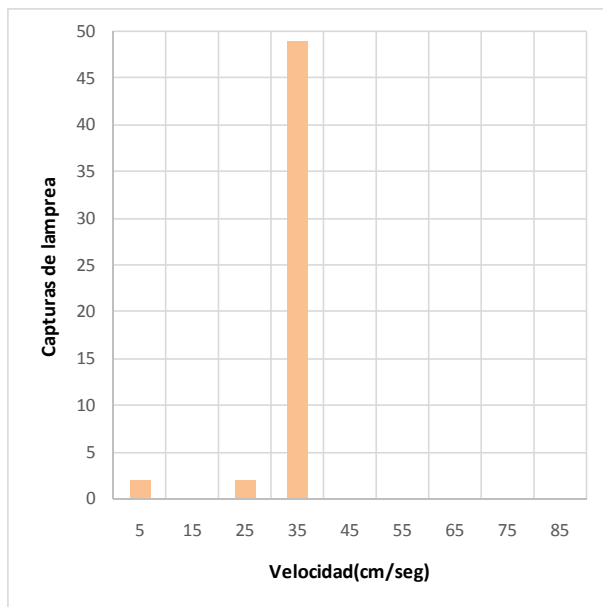


c)

Figura 5. Relación entre las variables hidráulicas y la abundancia de las capturas de puyen



a)



b)



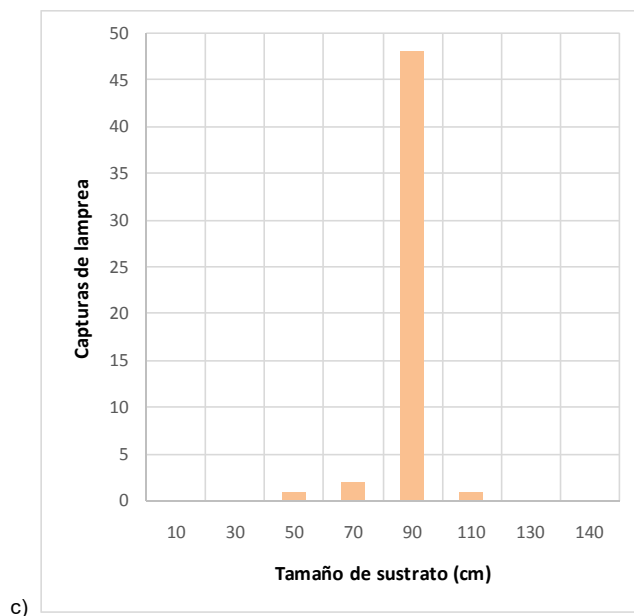


Figura 6. Relación entre las variables hidráulicas y la abundancia de las capturas de lamprea

## CONCLUSIONES

En este informe se presenta un análisis preliminar de la distribución espacial de especies claves de la ictiofauna del río Santa Cruz en función de tres variables hidráulicas de hábitat (profundidad, velocidad y tamaño de sustrato). Como se mencionó anteriormente, los resultados de este análisis deben ser considerados con cautela debido a las limitaciones en el diseño, disponibilidad de información y toma de datos. En este informe se combinan trabajos de campo realizados en años distintos, realizados por distintos grupos de trabajo y con diferentes metodologías y cuyos objetivos se centraban en estimar la relación entre la abundancia de especies ícticas y variables de hábitat, por un lado, y en caracterizar el estado de la comunidad íctica, por el otro. Debe destacarse que el diseño del estudio no fue realizado para un estudio de preferencia de hábitat (e.g., muestreos de hábitat ocupados y disponibles, muestreos estratificados por parcelas, censos de uso de hábitat mediante observación directa, números mínimos de individuos por parcela y especies, e.g., Bovee, 1982). De todos modos y a falta de mejores antecedentes previos este análisis puede ser tomado como un punto de partida y una primera aproximación a las relaciones entre variables hidráulicas y las comunidades ícticas del Río Santa Cruz.

Según nuestros análisis las capturas predominantes de puyen ocurrieron en zonas de la cuenca media y cuenca baja, aguas abajo del kmr 150, lo cual ya fuera sugerido por Tagliaferro et al. (2014).

Para el caso de la trucha arco iris adulta, las capturas máximas ocurrieron tanto en la cuenca alta como en la cuenca baja y fueron mínimas en la cuenca media. Muestreos previos del GESA revelan capturas abundantes para trucha arco iris residente en el curso inferior del río Santa Cruz. Nuestros estudios previos y antecedentes de la especie también sugieren patrones de migraciones aguas abajo en truchas

residentes como consecuencia de un comportamiento migratorio ancestral según el cual los peces smoltifican (proceso fisiológico que preadapta a los peces para las condiciones marinas) y se mueven aguas abajo pero no culminan la migración (e.g., residualismo).

En relación con las truchas arco iris juveniles las máximas capturas de juveniles de trucha arco iris ocurrieron en la cuenca alta y cuenca media, aguas arriba del kmr 155, en la zona media del río. Cabe destacar que las diferencias entre las zonas de máxima captura de las fases juveniles y adultas de trucha arco iris, las primeras aguas arriba de la presa JC y la segunda aguas debajo de dicha presa, podría estar indicando la composición mixta de la población juvenil, donde la fracción anádroma de la misma podría estar utilizando preferentemente zonas con condiciones disponibles aguas arriba de la presa (< kmr 150) y la fracción residente zonas con condiciones mayormente disponibles aguas debajo de la presa (> kmr 250) (ver abajo) (e.g., Liberoff et al., 2014; 2015).

Por otro lado, los muestreos extremadamente sesgados para la lamprea hicieron difícil establecer una relación precisa especie-hábitat. Los resultados de los muestreos indican que las capturas máximas de lampreas ocurrieron aguas debajo de la presa JC, a la altura del kmr 220. Muestreos previos de nuestro grupo de trabajo junto con las capturas de ejemplares adultos señalan la presencia de esta especie en la cuenca media (kmr 220) y cuenca alta (kmr 30) (Riva Rossi 2004).

Finalmente, llama la atención la casi ausencia de steelhead en los muestreos llevados a cabo en Octubre de 2015, a pesar de haber utilizado redes de trasmallo de tamaño > 120 mm (óptimas para captura de steelhead). Muestreos previos de nuestro grupo indican abundancias elevadas de este ecotipo durante la fase reproductiva desde Junio hasta finales de Octubre en el río Santa Cruz, particularmente en las zonas media (kmr 210-220) y alta (kmr < 60). Los peces eran capturados en zonas de pozón-corredera donde se encontró gran abundancia de nidos a profundidades superiores a los 60 cm y velocidades superiores a los 25 cm/seg con fondos predominantes de canto rodado. En la zona inferior del río, sin embargo, aguas abajo de la presa JC nunca se obtuvieron capturas importantes de steelhead en fase reproductiva, a diferencia de las abundantes capturas de peces recién ingresados desde el mar durante los meses de marzo a abril.

En síntesis, estos análisis preliminares sugieren que la construcción de las represas reduciría la disponibilidad de hábitat para la steelhead, la fase juvenil de trucha arco iris, con énfasis la fracción de origen materno anádromo de los juveniles (Liberoff et al., 2014) y una fracción importante de la población de puyen, nuevamente la fracción diádroma de la población (Carrea et al., 2013). En menor medida afectaría el hábitat disponible para la trucha arco iris residente. Para el resto de las especies la información disponible es insuficiente para sugerir en qué medida sus hábitats se verían afectados.

Como consideración final es necesario volver a señalar que los resultados obtenidos son preliminares y válidos únicamente para las características particulares que hemos encontrado en los hábitat analizados en este estudio. Asimismo debemos recalcar nuevamente acerca de la necesidad de llevar a cabo estudios más rigurosos para modelar la idoneidad del hábitat de las especies ícticas del río Santa Cruz previa a la construcción de las represas. Algunas de los lineamientos a tener en cuenta se refieren a muestreos más intensivos y

representativos de las condiciones de hábitat disponibles a lo largo del río, incluyendo un mayor número de sitios de muestreo y con muestras representadas por más de 30 individuos de cada especie por tipo de hábitat y por sitio. Es necesario, por lo tanto, continuar recabando información cubriendo el rango total de variación en las variables hidráulicas para entender mejor el comportamiento de los peces y de esta manera poder llegar a la construcción de curvas de idoneidad de hábitat precisas y generalizadas que puedan utilizarse como insumo para la estimación de los caudales ecológicos, medida necesaria para poder comenzar a modelar el efecto de la alteración del flujo sobre el hábitat fluvial y las comunidades acuáticas del río.

## REFERENCIAS

- Bovee, K. D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish Wildlife Service FWS/OBS-82/26. 248 pp.
- Carrea C.; V.E. Cussac y D.E. Ruzzante. 2013. Genetic and phenotypic variation among *Galaxias maculatus* populations reflects contrasting landscape effects between northern and southern Patagonia. *Freshwater Biology* 58: 36 - 49
- Hudson, R. 2015. Monitoreo de la fauna íctica del río Santa Cruz. Reporte Técnico presentado a REPRESAS PATAGONIA UTE.
- Jowett, I. G. 1997. Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13:115-127.
- Liberoff, A. L., A. P. Quiroga, C. M. Riva-Rossi, J. A. Miller & M. A. Pascual, 2015. Influence of maternal habitat choice, environment and spatial distribution of juveniles on their propensity for anadromy in a partially anadromous population of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecology of Freshwater Fish* 24:424-434 doi:10.1111/eff.12157.
- Liberoff, A. L., J. A. Miller, C. M. Riva-Rossi, F. J. Hidalgo, M. L. Fogel, M. A. Pascual & K. Tierney, 2014. Transgenerational effects of anadromy on juvenile growth traits in an introduced population of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71(3):398-407 doi:10.1139/cjfas-2013-0466.
- Lytle, D. A. & N. L. Poff, 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends in ecology & evolution* 19(2):94-100 doi:10.1016/j.tree.2003.10.002.
- Liu, L. y R. Nordheim. 2006. Effects of Sampling and Species Abundance on the Bias and-test of the Shannon Diversity Index. *The Oculus*: 42.
- Magurran, A. E. 1980 *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University press.
- Payne, T. R., y M. A. Allen. 2009. Application of the use-to-availability selectivity ratio for developing habitat suitability criteria in PHABSIM instream flow studies. Paper presented to Seventh International Symposium on Ecohydraulics, Concepcion, Chile.

Quiroga, A. P., 2015. Efecto del hábitat en el establecimiento de salmónidos anádromos en ríos de la Patagonia Austral. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue.

Quiroga, A. P., J. L. Lancelotti, C. M. Riva-Rossi, M. Tagliaferro, M. G. Asorey & M. A. Pascual, 2015. Dams versus habitat: predicting the effects of dams on habitat supply and juvenile rainbow trout along the Santa Cruz River, Patagonia. *Hydrobiologia* 755(1):57-72 doi:10.1007/s10750-015-2217-1.

Riva-Rossi, C. M., 2004. Origen y desarrollo de historias de vida alternativas en poblaciones introducidas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Patagonia. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue.

Shannon, C.E. y W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Information*. University of Illinois press.

Sheehan, K.R. y S.A. Welsh. 2013. Accuracy of Stream Habitat Interpolations Across Spatial Scales. *Journal of Geographic Information System* 602-612.,

Tagliaferro, M., A. Quiroga & M. Pascual, 2014. Spatial Pattern and Habitat Requirements of *Galaxias maculatus* in the Last Un-Interrupted Large River of Patagonia: A Baseline for Management. *Environment and Natural Resources Research* 4(1) doi:10.5539/enrr.v4n1p54.

Tharme, E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19: 397–441.