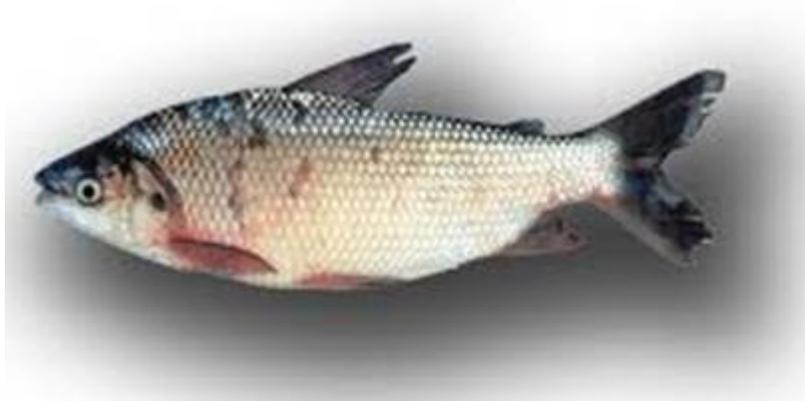


# CAPÍTULO I

## REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. UBICACIÓN SISTEMÁTICA



**Figura 1:** Sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836)

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Neopterygii

**Orden:** Characiformes

**Familia:** Prochilontidae

**Género:** *Prochilodus* (Agassi, 1829)

**Especie:** *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836)

**Nombre vulgar:** Sábalo (El más común) Curimbata.

Presenta el cuerpo comprimido y alto, con cabeza gruesa de perfil alto cóncavo en el occipucio. La boca es circular y pequeña, proyectándose hacia adelante. Los labios están provistos de numerosos dientes diminutos dispuestos en dos series, de los cuales los de la hilera interna se curvan en forma de V, permitiéndole de esta manera alimentarse del fango orgánico.

El vientre es curvo y redondeado hasta las ventrales y existe una quilla ventral mediana desde estas aletas al ano. Las escamas son ásperas en el borde expuesto. La línea lateral es completa.

Las aletas anales, ventrales, caudales y adiposas son escamadas en la base. La dorsal tiene borde redondeado en el extremo superior, con sus dos primeros radios más altos que los restantes. La anal es cóncava, reclinada, con el primer radio dividido que sobrepasa al último. El extremo de las pectorales dista dos hileras de escama de la base de las ventrales. La caudal ahorquillada, con el lóbulo superior ligeramente más largo.

El cuerpo presenta color gris verdoso, más oscuro en el dorso, aclarándose en el vientre que amarillento ha rozado; las aletas son de coloración gris a blanco, sin manchas en el adulto. El margen de las escamas es algo más oscuro que el resto sobre todo en individuos juveniles, que muestran una serie de estrías longitudinales. Los individuos jóvenes pueden mostrar barras verticales en el flanco y motas en la aleta dorsal (Ringuelet *et al* 1967; Ringuelet y Bonetto, 1967).

## **1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE**

El sábalo *Prochilodus lineatus* (Valenciennes ,1836) es una especie migratoria iliòfaga, es decir que se alimenta de materia orgánica que se encuentra en el sedimento del río. Habita la mayoría de los ríos de la cuenca del Paraguay –Paraná en Bolivia, Argentina, Paraguay, Brasil y Uruguay. Se caracteriza por una amplia variación de la forma general del cuerpo entre poblaciones de la especie, aparentemente relacionadas con las características bióticas y abióticas de los hábitats (Cabrera y Cándia 1964, Vidal 1967, Cordiviola y Yuan 1974, Sverlij *et al* 1993). Es una especie heterossexual. No posee dimorfismo sexual; machos y hembras son idénticos en su morfología externa.

Tiene el cuerpo moderadamente alto y comprimido transversal. La mayor altura del cuerpo se encuentra en el origen de la aleta dorsal. El perfil de la cabeza es afilado. Boca terminal con labios carnosos, moderadamente desarrollados y formando un disco oral. Dientes funcionales en dos series en cada mandíbula. Todos los dientes son de tamaño similar y con la parte expuesta en forma de cuchara. Coloración general amarillo –plateada, con las porciones dorsales de la cabeza y cuerpo, más oscuras. En especímenes vivos presenta coloración rojiza en la superficie lateral del

cuerpo. La aleta dorsal es hialina y las pectorales y caudal son opacas, con bordes rojizos en la pectoral. Las ventrales son rojizas y la anal con las membranas interradiales opacas y los márgenes rojizo-amarillentos (Castro y Vari 2004).

El sábalo es una especie migratoria, cuyos recorridos relacionados con la reproducción pueden alcanzar distancias considerables. Es un pez detritívoro que se alimenta en la planicie de inundación (bañados) de la parte baja de la cuenca (Bayley 1973; Bowen et al. 1984, Payne y Harvey 1989). Los peces adultos se alimentan del fango orgánico que resulta de la destrucción parcial de las macrófitas (Bonetto *et al.* 1996b). Los sábalos juveniles son zoopláctofagos. Al principio de la migración los peces presentan gran cantidad de grasa almacenada en la cavidad general y a lo largo de los intestinos. Esta cantidad disminuye a medida que avanza la estación de migración. La mayoría de estómagos analizados en este periodo se encuentran vacíos, lo que coincide con su presencia en la parte superior de la cuenca donde los recursos para la alimentación son prácticamente inexistentes (Bayley 1973).

Entre mayo y septiembre, durante los movimientos migratorios, se observa un aumento general del tamaño de las gónadas en machos y hembras. Hasta el mes de septiembre el número de individuos maduros es aún muy reducido. Sin embargo, en los meses de octubre y noviembre la mayoría de los especímenes se encuentran maduros. El desove se produce en la zona andina del río al inicio de la temporada de lluvias (NATIVA, 2014).

Es una de las especies más importantes en las pesquerías en muchas partes de su área de distribución. El desarrollo de la pesca después de la segunda guerra mundial, ha tenido un efecto muy importante. La introducción de fábricas de hielo y el desarrollo de infraestructura y medios de transporte, ha abierto la explotación comercial de la especie (Bayley 1971). La principal área de explotación comercial en la cuenca del Pilcomayo se encuentra en la localidad boliviana de villa Montes donde a partir de los años 50 la pesca adquiere un sentido económico. El sábalo llega a Villa Montes al inicio de la temporada seca. Por tanto, las capturas en esta localidad alcanzan su pico en el mes de mayo (Smolders, 2006).

La principal fuente de variación en las capturas del sábalo es el régimen hidrológico y no la intensidad de la pesca (Bayley 1973, Smolders 2006). Sin embargo, las poblaciones del sábalo se consideran muy vulnerables ya que se encuentran formadas por muy pocas edades (Payne y Harvey 1989). Consecuentemente, es muy probable que una presión pesquera y baja producción de peces, resulte en una relativa sobrepesca. Varios autores han sugerido que existe una relación entre las capturas y el caudal del río (Bayley 1973, Payne y Harvey, 1989, Motchek *et al.* 1995). Consecuentemente es factible que los caudales de los años anteriores puedan tener influencia sobre la extracción en ciertos años (Smolders 2006).

Por otro lado, de acuerdo a Smolders (2006), es claro que los cambios en la cuenca del Pilcomayo que podrían afectar a la pesca son muy grandes. Debido a la colmatación de su cauce, el río Pilcomayo ha perdido su conexión con el río Paraguay. En consecuencia, las poblaciones de sábalos del río Paraguay y del Pilcomayo ya no están conectadas y no hay migración desde el río Paraguay hacia la parte alta, dependen fuertemente de la producción de peces en los humedales del río y el proceso de colmatación (Smolders 2006).

### **1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA REPRODUCTIVA.**

Entre las numerosas especies de peces que habitan en la región Neo tropical y se alimentan del detritus en las áreas de inundación de los grandes ríos de llanura, algunas de ellas son consumidores altamente especializados, como los de la familia Prochilontidae y loricaridae, siendo los miembros dominantes de las comunidades icticas (Yossa y Araujo-Lima, 1998).

En el río Bermejo la comunidad ictica responde a las características propias de la fauna de la región Neo tropical, la cual se caracteriza por la abundancia de especies iliòfaga de la familia Prochilontidae (Sábalos) detritívoras de las familias Curimatidae (pacúes) y Loricaridae (viejas y armados) y la presencia de grandes predadores piscívoros como el surubí *Pseudoplatystoma* sp. y el dorado salminus brasiliensis (Bucher y Chani 1998; Bonetto y Hurtado, 1998; Regidor 2002).

Los peces del género *Prochilodus* son los teleósteos detritívoros de mayor importancia económica continental, encontrándose en los sistemas hidrológicos más importantes de América del Sur. Debido a su régimen alimenticio iliòfaga, el aparato digestivo muestra evidentes adaptaciones, como cavidad bucal de tipo suctor, dentadura rudimentaria, aparato filtrador branquial eficiente para separar los elementos solidos de grano fino del agua. El tracto digestivo presenta varias funciones además del transporte y absorción de nutrientes, tales como ayudar en la respiración y osmorregulación, muestra también cierta plasticidad que le permite modificaciones en su estructura de acuerdo a las variaciones en las condiciones ambientales (Sverlij *et al*, 1993; Nachi *et al*, 1998).

Es para destacar la participación de *P. lineatus* en el flujo de energía de las comunidades acuáticas que integra, dado que sus huevos, larvas y juveniles son el alimento de varias especies de peces predadores que se encuentran en otras fases tempranas de desarrollo, y los jóvenes y adultos son a su vez presas de los grandes peces ictiófagos de valor comercial y deportivo, entre ellas el surubí *Pseudoplatystoma coruscans* y el dorado. Además, son numerosas las aves acuáticas que lo incluyen en su dieta (Sverlij *et al*, 1993; Fuentes y Espinach, 1998).

Esta especie habita tanto en las aguas abiertas de los ríos como también en ambientes lenticos permanentes o temporarios, los cuales se conectan los ríos en periodo de inundación (Sverlij *et al*, 1993; Fuentes y Espinach, 1998).

Welcomme (1992) distingue dos tipos de comunidades de peces fluviales de acuerdo a la distribución espacial de los peces. La comunidad del ritrón, o del curso superior y la comunidad del potamón o del curso inferior. Existe entre ambas comunidades intercambios temporales durante las migraciones ascendentes reproductivas. En la comunidad del potamón los peces pueden dividirse en dos grupos diferentes de acuerdo a su comportamiento, el primer grupo adaptado a las condiciones desfavorables que se presentan en la llanura de inundación, llamados peces negros. Sus movimientos son limitados y permanecen en aguas estacionarias de la llanura de inundación. El segundo grupo llamado peces blancos, en los que se encuentran el

sábalo, evita las condiciones adversas de la llanura de inundación, migrando al cauce principal del río mediante movimientos más extensos en el mismo.

El comportamiento migratorio es una adaptación para explotar la estacionalidad de diferentes ambientes, por lo que los ciclos migratorios deben ser regulares y predecibles. Las migraciones ocurren a lo largo de rutas casi definidas, en determinadas épocas del año y entre áreas alimentación específicas, describiendo de este modo un modelo comportamentalmente migratorio. Bonetto *et al* (1971) describieron las migraciones de los peces del Paraná en cinco tipos: reproductivas, tróficas, térmicas, de crecimiento y dispersivas (Dependen del nivel del río y de las corrientes). Dentro de los desplazamientos de las diferentes especies, el más destacado es el relacionado al periodo reproductivo, el cual está afectado por diversos factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura y el nivel hidrométrico entre otros, que afectan el ciclo biológico de los peces (Maduración gonadal, migración, desove y desarrollo inicial de larvas y alevines) (Nakatani *et al*, 2001; Iwaszkiw, 2000; Fuentes y Spinach, 1998; Oldani y Oliveros, 1984)

Los desplazamientos migratorios del sábalo están relacionados a áreas de alimentación, de reproducción y de cría, (Sverlij *et al*, 1993; Fuentes y Spinach, 1998, Regidor y Mosa, 2002) Las marcaciones realizadas en sábalos adultos en el río Bermejo detectaron desplazamiento de hasta 700Km. En primavera. De manera similar se evidencio un comportamiento migratorio bien definido durante el estiaje en el río Pilcomayo, observándose migraciones ascendentes desde hasta 900Km, de ejemplares maduro durante octubre y noviembre. La migración descendente se produce con las crecidas de verano, con un predominio de individuos desovados (Bonetto, 1971 y Bayley 1973).

La población del sábalo que habita en el Pilcomayo, ocupa gracias a su conducta migratoria desarrollada, un gran territorio: desde las pantanosas zonas bajas del gran chaco hasta los montañosos orígenes en el altiplano. En este contexto cada sector de la cuenca juega un papel diferente en la vida de la población del sábalo.

En el sábalo la migración responde a un patrón generalizado, moviéndose río arriba con la única intención de reproducirse, en recorridos que pueden ser muy extensos y definidos. Este proceso coincide con el comienzo de las lluvias. Con las primeras crecidas los peces se mueven hacia las áreas de reproducción, denominándose a este proceso migración reproductiva. En los tramos retrónicas desovan en aguas abiertas, a mediados de los meses de diciembre y enero, encontrándose en el mes de febrero la mayoría de los ejemplares desovados. Los huevos, larvas y juveniles derivan aguas abajo concentrándose en las márgenes desde donde la creciente les permite ingresar a los ambientes lenticos que corresponden a las áreas de alimentación, denominándose este movimiento migración trófica (Godoy, 1959; Oldani et al, 1992; Welcomme, 1992; Sverlij et al, 1993; Castro y Begossi, 1995; Fuentes y Spinach, 1998; Regidor y Mosa, 2002)

Los sábalos son gregarios y migran en bancos haciendo más posible los encuentros entre machos y hembras, reproduciéndose en ambientes fluviales; según Sverlij *et al* (1993) confirma esta hipótesis la ausencia de hembras en desove en cuerpo de aguas lénticos.

Esta especie no presenta dimorfismo sexual, alcanzando a los dos años de edad un tamaño de 30 cm. De longitud total, talla en que se encontraría en condiciones de reproducirse. En general la proporción sexual se halla en una relación de 1:1, aunque existen excepciones en que muestran una relación diferente (Godoy, 1959; Pignalbieri, 1965; Sverlij *et al*, 1993).

El periodo de actividad reproductiva propuesto para la especie en estudios realizados en el Paraná medio señala que existirán dos periodos muy marcados de actividad sexual; uno en primavera entre los meses de noviembre y diciembre, y otro a fines del verano, iniciándose el otoño, durante los meses de marzo y junio (Pignalbieri, 1965; Sverlij *et al*, 1993; Gosso e Iwaszkiw, 1990)

De acuerdo a los modelos de distribución ovocitaria propuesta por Mc Gregor, 1970 el sábalo se definiría como un desovador total; sus ovocitos maduran en forma

sincrónica y el desove se produce en un corto periodo de tiempo, en varias y sucesivas evacuaciones (Gosso, 1989; Duarte y Araujo, 2002)

#### **1.4. IMPACTO DE LOS FACTORES MEDIO AMBIENTALES EN LA POBLACIÓN DEL SÁBALO**

De acuerdo al documento presentado por Padilla. R. 1998, en el “Seminario Taller Situación Ambiental del Río Pilcomayo”, establece que el río Pilcomayo es famoso por su riqueza piscícola. Aunque en la actualidad hay empobrecimiento considerable del sábalo, riqueza natural del país en el pasado. Los alarmantes síntomas de una serie de factores medioambientales del río y a consecuencia del desgaste de sus recursos que crecen en forma vertiginosa.

Este peligroso proceso es percibido más agudamente en la provincia Gran Chaco donde los recursos del Pilcomayo son de gran importancia para una parte considerable de su población y algunos casos representan el único medio de sustento y lo mismo sucede en la zona de desove que corresponde a la Provincia O'Connor, (NATIVA, 2014).

No cabe la menor duda que el agotamiento del recurso piscícola del Río Pilcomayo tiene grandes contratiempos de origen ecológico. La cantidad de peces disminuye rápidamente a causa de la degradación ecológica regional y la explotación pesquera asistemática.

##### **1.4.1. Ciclo Vital del Sábalo**

La población de *Prochilodus lineatus* que habita en el Pilcomayo, ocupa gracias a su conducta migratoria desarrollada, un gran territorio: desde las pantanosas zonas bajas del Gran Chaco hasta los montañosos orígenes en el altiplano. En este contexto, cada sector de la cuenca juega un papel diferente en la vida de la población del sábalo. (Padilla, 1998: Situación Ambiental del Río Pilcomayo).

En el sector montañoso: La aparición anual constante del sábalo en los ríos de la zona montañosa de Los Andes es bien conocida por los habitantes del lugar y en la literatura científica. De acuerdo a la opinión generalizada, los productores del sábalo

ascienden a las zonas altas del río para reproducirse. El papel biológico de la zona montañosa en la vida del sábalo se limita al desove episódico de una pequeña parte de la población.

En la zona pre cordillera: Se ha establecido en la época de otoño –invierno (cuando el nivel del agua en el río es mínimo) tiene lugar al ascenso de los peces reproductores desde los sectores más bajos del río, incluso el número de migrantes al desove es bastante significativo. De acuerdo al resultado del análisis biológico de la pesca del sábalo en este sector (río Pilaya) demostraron que todos los ejemplares atrapados eran migrantes reproductores, de esta manera se puede asegurar que en el río Pilaya durante el periodo de migración de desove aparecen los reproductores de sábalo llegados desde las zonas más bajas del río.

En la zona baja pre montañosa en el sector de Puerto Margarita, las condiciones de vida del sábalo son diferentes a los del río Pilaya. La velocidad de su corriente no asciende más allá de 0.8 m/seg. Durante la época de lluvias, el río transporta gran cantidad de sedimento, los cuales acumulan a lo largo de sus orillas.

En este sector el río Pilcomayo sirve de anfitrión y lugar de hospedaje al sábalo en forma permanente y año redondo, como así también de meta final de la migración de los peces durante el periodo reproductivo (diferenciados por grupos estructurales) lo que significa que los cambios medio ambientales afectan a la reproducción del sábalo.

El periodo de multiplicación de la mayoría de los sábalos, de Puerto Margarita, coincide con el ascenso del nivel de las aguas en verano (época de gran transporte de sedimentos), iniciándose a fines de noviembre o diciembre y concluyendo en enero.

De esta manera el sector pre montañoso del río en sus partes altas y bajas, posee una significación muy importante en la vida de las poblaciones del sábalo. En primer lugar; es un sector de tránsito para los productores migratorios como así también para los huevos y embriones arrastrados por la corriente. En segundo lugar, sirve como base para la multiplicación de gran parte de la población. En el tercer lugar es un biotipo de constante residencia y engorde de los sábalos residentes, como así también

zona alimenticia extra para algunos migrantes, los que permanecen mucho tiempo en este sector del río.

El sector de tránsito del río entre la zona montañosa y el valle posee un significado especial en la vida central de la población del sábalo, este sector se llama: El angosto. Por su ubicación ecológica-geográfica, este sector es de tránsito para el sábalo. Pero a raíz de la influencia antropogénica, adquirió un significado crítico en la vida de la población. Los peces que ascienden por el cauce fluvial en el cañón, están obligados a superar la fuerte corriente mayor a 1 m/seg.

En el sector de la planicie: Inmediatamente después del cañón del Angosto corriente abajo comienza el sector de la planicie o valle del río Pilcomayo. Hasta la desaparición del cauce principal en las zonas pantanosas en los territorios de Argentina y Paraguay. Las principales particularidades del río son: velocidad de la corriente, profundidad, característica de sus riveras, turbiedad, temperatura y otros; ellos cambian poco durante todo el recorrido del sector de la planicie.

En el sector inferior del río: Que empieza cercanos al triángulo fronterizo (Bolivia – Argentina –Paraguay) en la región Tuscal –pozo Hondo. El río en este sector se caracteriza por todos los aspectos que son propios al Pilcomayo en su recorrido por la llanura chaqueña. El color de las aguas (café con leche) la transparencia es prácticamente cero, a causa de la gran cantidad de sedimentos que arrastra la corriente. Durante el periodo de sequía el agua es del mismo color café claro, a causa de la gran cantidad de sedimento. La transparencia de las aguas mejora en este periodo y es de solo algunos centímetros.

Como conclusión en la actualidad el ciclo vital del sábalo del río Pilcomayo, está representado de la siguiente manera: Es una población de peces que se diferencia claramente los sectores de engorde, reproducción y tránsito.

## CUADRO 1

### EL PAPEL DE LOS DIFERENTES SECTORES DEL RÍO PILCOMAYO EN LA VIDA DEL SÁBALO

SECTOR DE LA CUENCA	PAPEL DE LA VIDA DEL SÁBALO				
	TRANSITO	REPRODUCCIÓN		ENGORDE	
		FUNDAMENTAL	FRECUENTE	FUNDAMENTAL	FRECUENTE
-Montañoso			*		
-Pre montañoso	*	*			
-Llanura	*	*			
-Zona Baja				*	*

Fuente: Padilla, R, 1998

#### 1.4.2. Factores que Limitan la Reproducción y Población del Sábalo

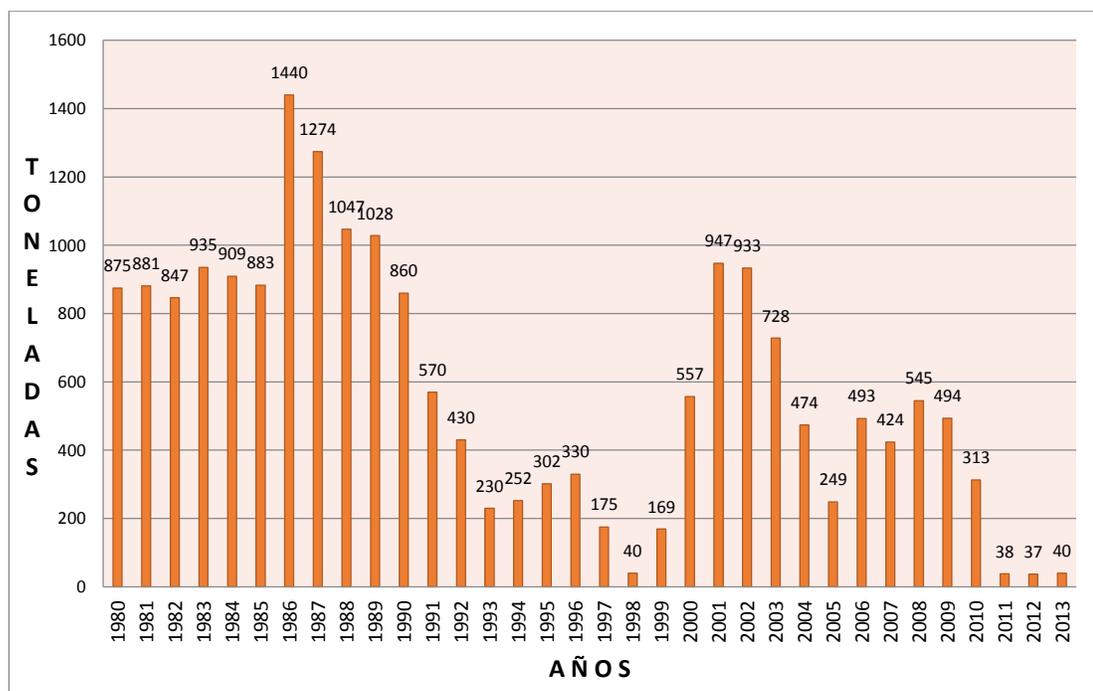
Los factores limitantes más importantes identificados están relacionados con la sedimentación del cauce fluvial, la contaminación generada por los desechos tóxicos de las empresas mineras de Potosí, las construcciones hidrotecnias en territorio Argentino y Paraguayo, la contaminación orgánica, aunque estas se consideran muy bajas, Las variaciones naturales del volumen de las aguas conjuntamente con los cambios hidrológicos de carácter antropológico de los ecosistemas, la población del sábalo sufre la influencia negativa de los procesos cíclicos naturales, destacándose la seria influencia que sobre la vida del sábalo tiene la variación anual del volumen de las aguas en el río. Por lo visto la disminución de la corriente en los años de pocas aguas influye muy negativamente en las propiedades cuantitativas de la población del sábalo (ADEPESCA, 1998). En segunda instancia constituyen las artes de pesca, de acuerdo a lo mencionado por Halcrow (2011) la historia de la pesquería en el Pilcomayo se encuentra fuertemente ligada a la evolución de las diferentes artes de captura. La paulatina incorporación de artes ha tenido sin duda un importante efecto sobre la eficiencia de las capturas y el valor del esfuerzo como medida de impacto. La pesquería en el sector de Villa Montes, aguas abajo y arriba (El Angosto) y Puerto Margarita se caracteriza por tener concesionados varios tramos del río para la pesca comercial. Las concesiones se caracterizan principalmente por el uso de artes bien diferenciadas como son las trampas y las redes de arrastre o chinchorro, pero el arte

de pesca que predomina en la actualidad es la red pollera utilizada tanto por pescadores criollos como por pescadores indígenas Weenhayek.

### 1.4.3. Volúmenes de Captura del Sábalo (*Prochilodus lineatus*)

El sábalo proveniente del río Pilcomayo es una de las especies de peces más consumidas en Bolivia. En promedio la pesquería ha proporcionado 665 Toneladas promedio por año en los últimos 35 años, con considerables fluctuaciones interanuales, el máximo fue de 1.440 Tm en el año 1986 y el mínimo fue de 37 Tm en el año 2012. Existiendo una marcada tendencia decreciente en los años 2011 al 2013

**GRÁFICA 1**  
**VOLUMENES DE CAPTURA DEL SÁBALO (*Prochilodus lineatus*)**  
**1980 AL 2013**



**Fuente:** Unidad de Conservación y Desarrollo de la Fauna - Gobernación de Tarija, 2015

## 1.5. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y DINÁMICA POBLACIONAL DEL SÁBALO

De acuerdo al estudio sobre zonas de multiplicación del sábalo en el Pilcomayo realizado por NATIVA el año 2014 establece que las mayores tallas encontradas

tanto en hembras como en machos corresponden a la zona de Tabasay - Provincia O'Connor. Observándose que las hembras tienden a presentar una mayor talla que los machos.

**CUADRO 2**  
**DISTRIBUCIÓN MEDIA DE TALLAS**

LOCALIDAD	LS(mm)	SEXO	NÚMERO DE INDIVIDUOS
TABASAY	268,3	M	29
	284,1	H	13
YUKUPITA	253,7	M	7
	247,5	H	2
RIO NUEVO	254,4	M	7
	269,1	H	11
YUKIMBIA	244,7	M	25
	266,0	H	4
SAN JOSECITO	262,4	M	10
	280,2	H	17
SALADO	244,0	M	9
	249,2	H	9

Fuente: NATIVA, 2014

NATIVA (2014) menciona que ha observado en el estudio realizado que la estructura de tallas presenta diferencias de clases modales y medias entre las diferentes zonas de la cuenca, desde las partes altas hacia las partes bajas, lo que se evidenció durante el estudio del 2009 que comprendió gran parte de la cuenca (CONADE 2010). Durante un estudio sobre la migración del sábalo (*Prochilodus lineatus*) en 2009, las máximas tallas modales fueron registradas en las zonas del Río Pilaya y Tabasay, ubicadas en la parte alta de la cuenca. Por el contrario, las tallas mínimas observadas fueron registradas en las zonas de quebracho y Bañado La Estrella (parte baja de la cuenca/Argentina) (CONADE 2010).

Durante el estudio realizado por NATIVA en el año 2012 se pudo observar una disminución de las tallas modales. La mayor parte de los individuos se encontraba en la clase de 214,5 y 274,5 mm de longitud estándar (Ls) (CONADE 2012). Actualmente se puede ver que los valores medio de longitud estándar son coincidentes con los valores encontrados el 2012.

La mayoría de las determinaciones de proporción de sexos comunicadas en la literatura muestran una relación de aproximadamente 1:1 entre machos y hembras; solo ocasionalmente se ha registrado casos en los que dicha relación es diferente (Sverlij, 1993). La proporción de hembras es menor con relación a la proporción de machos, a excepción de Río Nuevo y San Josecito, donde la proporción de machos es ligeramente menor al de las hembras. La variación observada en el estudio realizado como también en anteriores reportes de la zona podría deberse a una asincronía en el desplazamiento migratorio de ambos sexos, que arribarían en distintos momentos a las áreas de reproducción.

Del mismo estudio NATIVA (2014) establece que del análisis del Índice gónado somático (IGS) muestra que a partir del mes de octubre se produce un aumento importante del IGS, tanto en machos como en hembras, relacionado a un incremento en el desarrollo de las gónadas. Esto coincide con un aumento en el número de hembras y machos que presentan gónadas en estados avanzados de maduración, hasta que en los meses de diciembre prácticamente no se observan específicamente en estados iniciales de maduración.

Estudios anteriores muestran datos coincidentes, es así que el 2012 en octubre se registraron hembras en estado 3 y 4 (gónadas en estado avanzado de maduración), en este estudio los muestreos realizados en octubre mostraron un 90% de hembras en estado de 4 y 5 de maduración. En el 2010 durante los meses de noviembre y diciembre la mayor parte de los especímenes registrados se encontraban en las últimas etapas del proceso de maduración (estado 5 en el caso de hembras y estado 3 en machos). Lo que coincide con el estudio actual. En este periodo, en hembras, el peso de la gónada puede representar más del 20% del peso total. En el caso de los machos el peso de las gónadas en estado 3, puede representar hasta el 1,8% del peso del cuerpo.

Por lo presentado por NATIVA en el estudio del 2014 corrobora en el hecho de que el periodo reproductivo abarque los meses de noviembre a marzo, aunque probablemente febrero es más acertado ya que las muestras tomadas en febrero se

registran en un 80% gónadas ya vacías. Siendo el pico de reproducción entre diciembre y enero.

La presencia en la zona de estudio de concentraciones de hembras y machos en estados avanzados de reproducción evidencia que la zona representa de gran importancia para la reproducción del sábalo. Es decir que el desove se produce en la zona andina del río Pilcomayo al inicio de la temporada de lluvias. Las larvas y alevines son distribuidos y transportados por el río durante la temporada de lluvias que ocurren entre fines de noviembre, diciembre y enero (Bayley 1973): Dicha información se corrobora con los resultados encontrados en el estudio de NATIVA (2014) como en los reportes del 2010 y 2012. De los cuales podemos decir que el periodo de reproducción en el río Pilcomayo se extiende desde noviembre a principios de febrero aproximadamente.

De igual manera, es importante mencionar que, si bien hay una sincronización en la época de reproducción, esta parece tener un ligero retraso en Río Nuevo ya que las muestras tomadas en octubre mostraron estadios iniciales de maduración tanto en machos como hembras.

NATIVA (2014) observó con relación al sex ratio, en el estudio que realizó a excepción de San Josecito, Salado y Río Nuevo, la proporción de machos es mayor al de las hembras, lo cual no es común ya que normalmente la proporción es 1 a 1, sin embargo, esta variación puede deberse a una asincrónica en la migración.

Con referencia al estudio sobre la fecundidad absoluta NATIVA (2014) observa que existe una diferencia en la fecundidad observada durante el estudio del 2012 y los obtenidos durante el estudio del 2014. Estableciéndose en el estudio del 2014 la cantidad de ovocitos menor por gramo (211 y 228 ovocitos por gramo, aproximadamente), con relación a lo observado el 2012 donde se registra un dato de entre 515 a 803 ovocitos por gramo. Sin embargo, considerando que el tamaño de muestra analizada en el presente estudio es muy pequeño no se podría tomar estos como conclusivos (NATIVA 2014). De igual manera, la fecundidad es alta, pero presenta variaciones importantes. Comparando con otros estudios como el reportado

por Vidal 1967 donde se registran variaciones que ya se reportaron anteriormente en diferentes zonas de su área de distribución. Realizó recuentos de óvulos en *Prochilodus* que mostraron en general un incremento en el número, que varió entre 360.000 y 845.000 en hembras cuya longitud total estaba en un rango de 40 a 66 cm y su peso correspondiente entre 1.070 g. y 3.120 g.

### CUADRO 3

#### ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS HEMBRAS DEL SÁBALO (*Prochilodus lineatus*) DE LA REGIÓN DE TABASAY, YUQUIMBIA Y SAN JOSECITO (RÍO PILCOMAYO EN LOS MESES DE DICIEMBRE DEL 2013, ENERO Y FEBRERO DEL 2014)

ESTADÍSTICO	FECUNDIDAD ABSOLUTA	LS(mm)	Wtotal (g)	Wgónada (g)	FECUNDIDAD RELATIVA
Media	148.649	273	544,33	115,78	254,04
Desviación estándar	79.949,02	340	218,18	56,11	81,72
Mínimo	65.765	230	328	38	110,72
Máximo	276.962	325	938	228	368,79

Fuente: NATIVA, 2014

(**Fecundidad Absoluta:** Número de oocitos por ovario; **LS:** Longitud Estándar en milímetros.

**W total:** Peso Total en gramos, **W gónada:** Peso de la gónada en gramos; **Fecundidad Relativa:** Número de oocitos en relación al peso total)

#### 1.6. RITMO DEL CRECIMIENTO DEL SÁBALO

De acuerdo al estudio realizado por la Academia de Ciencias de Rusia (1996) manifiestan que el ritmo del crecimiento lineal del sábalo fue analizado según datos computables y de observación. El cálculo fue realizado con ayuda de la formula E. Lea, la cual supone que el tamaño de la estructura registrada y la longitud del pez están relacionados en una dependencia directa positiva.

Los datos de crecimiento obtenidos, siempre de acuerdo al estudio realizado por la ACR (1996) permiten aseverar que el crecimiento intensivo del sábalo en la cuenca del río Pilcomayo continúa en los primeros 1.5 – 2 años; hasta alcanzar la longitud media del cuerpo de 30cm. En los años posteriores el pez crece significativamente

más lentamente, lo que está relacionado con el inicio de la madures sexual y el cambio del tipo de metabolismo. Los ejemplares maduros sexualmente y en maduración tienen a su disposición durante el año solo de 3 a 4 meses para el engorde y crecimiento, y utilizan el tiempo restante en la migración y desove. También vemos que todos los grupos de Villa Montes, el río Pilaya, Puerto Margarita y dos grupos de Crevaux tienen un ritmo de crecimiento lineal igual, tanto por longitud observada como calculada, durante todo el tiempo de observación. Se destacan de todos los demás por su ritmo de crecimiento solo dos grupos: Crevaux 1 y Las Lomitas (Argentina). El primero se caracteriza por su alto ritmo de crecimiento, el segundo, al contrario, bajo. La comparación de algunos datos de autores como Bayley, Coutts y Payne demostró que en los últimos 25 años el crecimiento del sábalo del río Pilcomayo, comenzando en su segundo año de vida, disminuyó considerablemente. El grupo de Crevaux atrapado el 10.02.96, es una excepción, su crecimiento es parecido al de años anteriores. La disminución del ritmo de crecimiento es parecida al de años anteriores. La disminución del ritmo de crecimiento de sábalos maduros, por lo visto fue causada por el empobrecimiento de las condiciones de alimentación, debido a la disminución de la superficie del hábitad. Actualmente este proceso avanza rápidamente a causa de la sequía del cauce fluvial. Las condiciones de alimentación de las formas jóvenes no cambiaron, por lo visto, en los últimos 25 años dado que su crecimiento tampoco cambió.

### **1.7. LA BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL SÁBALO EN EL RÍO BERMEJO**

La investigación realizada por E. Escobar (2004) sobre la “Biología reproductiva de sábalo en el Río Bermejo” tuvo el objetivo fundamental de evaluar algunos parámetros biológicos y el estado actual del recurso, con la finalidad de tratar de establecer medidas regulatorias para un mejor aprovechamiento comercial, por otra parte se pretende evaluar la tendencia de la producción de esta especie junto a otras especies claves de la pesquería del Bermejo, durante estos dos años de estudios, mediante la actualización y el análisis de datos de la captura aportados por los

pescadores de la Cooperativa la Unión y las investigaciones realizadas por los investigadores del IRNED de la Universidad Nacional de Salta.

En este sentido menciona que la fecundidad es un factor importante en la explotación racional de una población íctica, y de gran utilidad para calcular el potencial reproductivo y la supervivencia. Otro factor de relevante en biología pesquera es determinar la edad, ya que proporciona información acerca de la composición de la población, y la edad a la que ocurre la primera madurez, es decir la edad a la cual el individuo se reproduce por primera vez, asociado a la talla de primera maduración. Considerando que no todos los individuos se reproducen por primera vez a la misma talla o edad, es por ello que, para estimar el aporte reproductivo previo a la captura sobre el total de individuos capturados, solo consideramos aquellos individuos cuya talla de 40 y su edad aproximada de tres años, la que asegura que el pez ha tenido al menos un evento reproductivo, siendo el aporte reproductivo previo a la captura total de 36964 millones de ovocitos estimados. Dada que la fecundidad estimada para el sábalo es elevada comparándola con otras registradas para la misma especie en otras latitudes, es posible evaluar la duración del período de veda, como señala Regidor (2003), llevándola a dos meses, desde mediados de noviembre a mediados de enero. Permitiendo optimizar la actividad pesquera y de esta manera se evitarían conflictos sociales con los pescadores, en la actualidad imposibilitados de trabajar por un tiempo demasiado largo (3 meses).

### **1.7.1. Tallas de Captura y Talla de Madurez Sexual**

En el mismo estudio establece que la talla mínima de captura autorizada para *P. lineatus* en la pesquería del río Bermejo es de 30,5cm de longitud estándar, siendo la talla mínima de captura registrada para todos los ejemplares durante todo el periodo de muestreo superior a este valor, estimándose la talla media de captura para sexos agrupados de 41,6 con una moda de 39 en el intervalo de talla 37,5 - 39,9 cm cuyos límites para el intervalo de confianza al 95% para la prueba t – student fueron: [39,84; 40,62].

Las tallas de captura registradas para las hembras de sábalo variaron entre 33 y 62 cm de longitud estándar, con una media igual a 42,2cm (d.s.± 4,6 cm) y para machos fluctuantes entre 33 y 58 cm longitud estándar, con una media de captura 40,2 (d.s. ± 4,4 cm). La escasa representatividad de los tamaños en ambos sexos por debajo de la moda estimada de 39 cm de longitud estándar, confirma los resultados obtenidos por Regidor y Mosa, (2001), quienes obtuvieron una variación de tallas de captura entre 33,0 y 61,5 cm de Lstd, donde aproximadamente el 72% de los ejemplares midieron entre 35,0 y 42,4 cm.

### **1.7.2. Proporción de Sexos**

Durante el período de estudio se analizaron 1.109 hembras y 504 machos sexualmente maduros. La proporción de hembras fue superior en todas las estaciones del año a excepción del invierno del 2002, siendo significativamente diferente de la proporción esperada 1:1. (Escobar, 2004).

### **1.7.3. Ciclo Reproductivo Anual**

La distribución de estadios de maduración gonadal en hembras a lo largo del período de estudio, obtenidos a partir de muestreos de las capturas artesanales, permitió observar el siguiente patrón reproductivo:

- Entre marzo a mediados de agosto, la mayoría de las hembras se encuentran en estadio II, es decir en reposo o descanso, o en estadio VI, correspondiente al postdesove.
- Desde mediados de agosto aproximadamente comienza a incrementarse la proporción de ejemplares con sus ovarios en maduración (estadio III).
- Coincidiendo con las primeras lluvias, luego de mediados de octubre, las hembras se encuentran maduras (estadio IV).
- El periodo de desove, caracterizado por un mayor porcentaje de hembras maduras pertenecientes a los estadios IV y V, maduras y desovando, se registra durante los meses de noviembre a diciembre. Conforme se muestra en el cuadro 4.

En octubre, la mayor parte de las hembras se encuentra madurando (estadio III), y algunas han comenzado a desovar. (estadió V), durante noviembre se incrementa notablemente la proporción de hembras maduras (estadió IV), en diciembre, todas las hembras se encontraban maduras, desovando o en postfresa, continuando el desove en enero, ya que aún aparecieron hembras en estadio V; en este mes reaparecen las hembras en estadio de reposo.

#### CUADRO 4

### FRECUENCIA RELATIVA DE ESTADIOS DE MADUREZ SEXUAL EN HEMBRAS DE SÁBALO CAPTURADAS ENTRE OCTUBRE DE 2002 Y ENERO DE 2003

Captura	Frecuencia relativa de los estadios de madurez						N° Total
	I	II	III	IV	V	VI	
Oct-02	0.00	0.65	79.8	0.00	20.26	0.00	153
Nov-02	0.00	0.00	31.03	68.96	0.00	0.00	58
Dic-02	0.00	0.00	0.00	58.33	29.17	12.5	24
Ene-03	0.00	20	0.00	6	54	10	50

Fuente: Escobar, 2004

En resumen, la evidencia colectada en estos dos años de trabajo permite concluir que el sábalo en el Bermejo presenta una estación reproductiva con marcada estacionalidad, que se extiende desde principios de noviembre a fines de enero, con un pico de desoves que ocurre a mediados de diciembre.

#### 1.7.4. Fecundidad Total o Absoluta

La fecundidad total fluctuó entre un valor mínimo de 230.128 ovocitos y un máximo de 1.440.157 ovocitos, para hembras cuyos tamaños correspondieron a 34 y 58.5 cm de longitud estándar, con pesos de 1450 y 3900 respectivamente, siendo la fecundidad total promedio igual a  $632.332 \pm 268.258$

#### 1.7.5. Fecundidad Relativa

La fecundidad relativa (número de ovocitos por peso total - peso de la gónada) presenta un promedio de 467 ovocitos por gramo de peso (d.s.± 165), varió entre 177

y 810 ovocitos/gramo de peso corporal. Comparando con las variables: longitud estándar ( $L_{std}$ ), peso corporal ( $W_t$ ) y peso gonadal ( $W_g$ ), resultaron ser significativas al 95% para la relación fecundidad relativa vs peso corporal ( $F = -0,0003 W_t + 1,3007$ , siendo el valor  $R = 0,733$ ) y fecundidad relativa vs peso gonadal ( $F = 1712,7 W_g + 740147$ , cuyo  $R = 0,642$ )

#### **1.7.6. Índice Gonadosomático**

El índice gonadosomático (**IGS**) fue de  $22,4 \pm 6,0$  calculado para 33 ejemplares las hembras sexualmente maduras encontrándose mayoritariamente en estadio IV, en proceso de maduración tardía y estado V, en desove, recolectadas en el período octubre de 2002 a enero 2003. El menor índice gonadosomático fue de 10,48 y el de mayor índice gonadosomático estimado fue de 31,84, siendo los límites para el intervalo de confianza al 95% de [20,4; 24,5]. Este índice es un indicador de la actividad reproductiva la cual se inició con un incremento en el mes de octubre, siendo el proceso más intenso durante los meses de noviembre y diciembre. La distribución de los valores medios mensuales del IGS se mantuvo constante durante estos meses. (Escobar, 2004).

## CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. UBICACIÓN

El estudio sobre el índice de fecundidad en la reproducción de *P. lineatus* se realizó en el sistema fluvial del Pilcomayo, que ocupa una superficie aproximada de 25.450km. Sobre territorio Boliviano la cuenca del río Pilcomayo se encuentra ubicada al norte de la provincia O'Connor, entre los meridianos 58°15', y 65° 45', Oeste y los paralelos 21°15' y 27°20', Sur, siendo el río más importante del departamento de Tarija.



Fuente: PDM Entre Ríos, 2009

**Figura 2.** Mapa de Ubicación del Área de Estudio en el Departamento de Tarija y la Provincia O'Connor

## **2.2.MATERIALES**

En la presente investigación se utilizó los siguientes materiales:

- a. Materiales de pesca: Red Pollera y Chalana
- b. Vehículo de transporte- Vagoneta
- c. Frascos para la recolección de las ovas
- d. Balanza analítica de precisión
- e. Cámara fotográfica
- f. Cinta métrica
- g. Software para el conteo de los huevos

## **2.3. METODOLOGÍA**

### **2.3.1. Descripción de la Metodología**

Metodología de muestreo y análisis de datos: dado que para el estudio del ciclo reproductivo en especies de zonas templadas se requiere de un periodo de muestreo que abarque un ciclo anual, a lo largo del cual se registre la variación en los diferentes estadios de madurez de las gónadas (Iwaszkiw, 1983) el periodo de estudio estuvo comprendido entre agosto a diciembre del 2015 durante el cual se muestrearán 80 ejemplares de sábalo, separados al azar de las capturas que se realizaron en las localidades de Tabasay, Tentahuasu, Yukimbia, Rio Nuevo y San Josecito. Las muestras se recolectaron con una frecuencia de aproximadamente de 60 días.

El arte de pesca principal consistió con red pollera. De acuerdo a los métodos ictiológicos estándares, de cada ejemplar en fresco se registró la Longitud Total ( $L_t$ ) y Longitud Estándar ( $L_{std}$ ), medidas en centímetros con una precisión de 0.5cm. Y el Peso Total ( $W_t$ ), con una balanza tipo romana de presión de 50gr. Además, se registró fecha de captura, y estado de desarrollo gonadal macroscópico de cada individuo.

Se registró el peso de las gónadas ( $W_g$ ) en las hembras capturadas, registrando los estadios de maduración. Luego las gónadas fueron fijadas en formol al 10%, para su posterior traslado al laboratorio.

La relación Longitud Estándar *versus* Peso Total se calculó de acuerdo a la expresión potencial:

$$W_t = a * L_{std}^b$$

Donde **a** y **b** son los coeficientes de alometría. La relación se estimó para machos, hembras y ambos sexos agrupados, con el objeto de analizar una posible diferencia en el crecimiento corporal entre sexos. Los datos de longitud y peso de los individuos fueron linealizados a través de una transformación logarítmica, luego se aplicó un análisis de regresión lineal, que permitió estimar los valores de los parámetros (Sverlij *et al*, 1993).

Cushing (1981) afirma que el comienzo de la madurez sexual en los peces está determinado por la talla más que por la edad. Weatherley y Gill (1987) aseguran que los peces poseen una talla crítica mínima de madurez, siendo esta talla dependiente del crecimiento somático y consecuentemente la edad en que esta talla se alcanza es variable. En este estudio para la estimación de la talla media de madurez (**L<sub>50</sub>**) talla en la que el 50% de los ejemplares es sexualmente maduro, y la talla final de madurez(**L<sub>100</sub>**) talla a partir de la cual todos los ejemplares han madurado, se seguirá la ecuación propuesta por Vazzoler *et al* (1991) quienes establecieron las relaciones entre **L<sub>max</sub>**, **L<sub>50</sub>** y **L<sub>100</sub>** basándose en datos obtenidos de 25 especies de teleósteos del Alto Rio Paraná, también perteneciente a la cuenca del Plata, siendo:

$$L_{50} = -0,1399 + 0,4038 * L_{max} \quad (r^2 = 0,95)$$

$$L_{100} = 0,9748 + 0,5160 * L_{max} \quad (r^2 = 0,96)$$

Con estas ecuaciones es posible estimar estos dos parámetros a partir de la longitud máxima registrada para una especie. El conocimiento de este parámetro población es de fundamental importancia para el manejo racional de los stocks, ya que constituye un elemento para fijar los tamaños mínimos de captura y para la determinación del tamaño de las mallas de las redes (Regidor y Mosa, 2002).

Los ovarios han sido estudiados para caracterizar el desarrollo gonadal, asignándose una escala de madurez establecida de acuerdo a una combinación de características

morfológicas macroscópicas y microscópicas, que consideran color, transparencia, irrigación, turgencia, tamaño y posición en la cavidad abdominal. A partir de la información obtenida por diversos autores (Pignalbieri, 1965, Calvo *et al*, 1966, Sverlij *et al*, 1993; FUEM.NUPELIA/ITAUPU Binacional, 1987; Iwaszkiw, 2000; Regidor y Mosa, 2002) se establecerán los siguientes estados de maduración que caracterizan el ciclo reproductivo:

**Estado I.-** Inmaduro: Los ovarios son incoloros y transparentes y ocupan aproximadamente la tercera parte de la cavidad abdominal. La irrigación no es evidente. Los ovocitos alcanzan un diámetro de hasta 100 micrones.

**Estado II.-** Reposo: Las gónadas tienen su tamaño aumentado, mantienen la forma y adquieren una coloración anaranjada los ovocitos no se visualizan claramente.

**Estado III.-** En maduración: Los ovarios presenta una coloración rosada con alguna tonalidad grisácea. Los ovocitos alcanzan diámetros de hasta 300 micrones, también se encuentran ovocitos del estadio anterior. Etapa de vitelo génesis.

**Estado IV.-** Maduro: El ovario aumenta su volumen debido al crecimiento de los óvulos maduros. El color de la gónada presenta una tonalidad grisácea más pronunciada y en algunos casos un aspecto parduzco. Su peso representa el 15% del peso total del ejemplar, los llegan a medir hasta 1200 micrones de diámetro, transparentes, observándose también ovocitos en otros estadios anteriores.

**Estado V.-** Desovando: Las gónadas alcanzan su tamaño máximo, ocupando casi la totalidad de la cavidad abdominal. El color de la gónada es grisáceo amarillento, los vasos sanguíneos se hallan bien marcados. El peso del ovario representa el 25% del peso del total del ejemplar. Los óvulos maduros son abundantes que obligan a los órganos a replegarse sobre si mismos, observándose el abdomen de las hembras muy dilatado.

**Estado VI. -** Postfresa: Debido a la eliminación de los ovocitos, los ovarios se tornan flácidos. Su color se torna anaranjado rojizo, se observan algunos óvulos que no

fueron eliminados y que serán probablemente reabsorbidos. Se observa una progresiva y total regresión, hasta alcanzar nuevamente el estado II.

Se considera como ciclo reproductivo al periodo comprendido entre la aparición de al menos un individuo con signos incipientes de maduración o actividad, seguido de un progresivo aumento en el tiempo de los individuos maduros, hasta concluir con todos los individuos en estado de reposo (Terraes et al, 1999).

En función de la estrecha relación entre el avance del proceso de maduración ovocitaria y el aumento del volumen y consecuentemente, del peso de los ovarios, el índice gonadosomático (**IGS**) es buen indicador del estado de los ovarios (Vazzoler, 1981; Vazzoler, 1997; Wooton, 1990) este índice se calculará como la relación porcentual entre el peso de las gónadas y el peso del pez, como:

$$\mathbf{IGS} = (\mathbf{Wg} / \mathbf{Wt}) * 100$$

IGS= Índice Gonadosomático.

$W_g$ = Peso de las gónadas.

$W_t$ = Peso total de las gónadas.

Para evaluar el estado fisiológico de los ejemplares en relación con su ciclo reproductivo se utilizará el índice o factor condición **K**, que relaciona el peso total y su longitud.

$$\mathbf{K} = (\mathbf{Wt} / \mathbf{Lstd}^3) * 100$$

K= Índice o factor de condición.

$W_t$ =Peso total de las gónadas.

$L_{std}$ =Longitud estándar.

Ciechowski (1967) determinó la influencia del estado físico de las hembras sobre el número de ovocitos intra ováricos relacionando la fecundidad con el factor de condición **K<sub>f</sub>**, el cual se calcula de igual manera que **K**, solo que al peso total del individuo se le resta al peso de las gónadas; esto permite un examen más exacto del estado de los músculos y del contenido de grasas del cuerpo de la hembra.

La **Fecundidad Absoluta o Total**, se define como el número de ovocitos maduros presente en el ovario de la hembra en momentos previos al desove. Su estimación es de suma importancia en los estudios de biología reproductiva y dinámica poblacional, entre otros (Iwaszkiw, 2002) Para determinar la fecundidad absoluta se analizaron los recuentos de 14 ejemplares hembras en estadio IV y V de madurez reproductiva pertenecientes a los muestreos que se realizaran entre los meses agosto a diciembre del 2015. Se separaron los ovocitos del tejido ovárico, tomándose tres sub muestras que fueron extraídas de los ovarios anteriormente pesados. Cada sub muestra fue pesada con una balanza analítica con una precisión de 0.001 mg.

Para el recuento de los ovocitos se utilizó el Programa **Image J** utilizando el método de conteo **Analyze Particles**, contando aquellos cuyos diámetros oscilaran entre 900 a 1350u, aplicando luego el método gravimétrico para estimar el número total de ovas en cada ovario (Iwaszkiw, 2000), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F=N*W_g/W_{\text{subm}}$$

Donde **N** es el promedio de huevos recontados en las tres sub muestras, **W<sub>g</sub>** es el peso gonadal y **P<sub>subm</sub>** es el peso de cada sub muestra, es decir 0,5g.

Las estimaciones de Fecundidad Total o Absoluta se relacionaron con la Longitud Estándar y el Peso Total mediante la siguiente regresión lineal (Iwaszkiw, 2000).

$$F = a * x + b$$

Siendo **a** y **b** constantes de proporcionalidad, y **x** la longitud estándar o el Peso Total de los ejemplares (Hirt de kunkel, 1985; Vera de Mintzer y Monasterio de Gonzo, 1991; Iwaszkiw, 2000), calculándose también el valor de t con un nivel de significación del 95% (Berenson y Levine, 1996).

Para establecer las diferencias de fecundidad entre los individuos se considera la Fecundidad Relativa, definida por el número de huevos por unidad de peso del individuo ( $F_{\text{rel}} = \text{Fecundidad total} / \text{peso corporal} - \text{peso gonadal}$ ) la cual se compara con

las mismas variables anteriormente mencionadas (Hirt de Kunkel, 195, Masutti y Morales-Nin, 1997 y Kurita *et al*, 2003).

### **2.3.2. Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis estadístico de las tallas de captura y talla de madurez sexual, como de la distribución de frecuencias de captura por intervalos de longitud estándar, además de la distribución de frecuencias de captura por intervalos de longitud estándar (en cm.) de las hembras comparando las tallas medianas mensuales de captura durante el periodo de estudio, aplicando el test de Student, finalmente la relación entre la talla, peso corporal, peso total, fecundidad absoluta y relativa, índice gonadosomático y factores de condición K y KT para las hembras analizadas.

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el transcurso del trabajo de investigación realizado en sistema fluvial del Pilcomayo dentro del territorio de la Provincia O'Connor.

**3.1. TALLAS DE CAPTURA Y RELACIÓN LONGITUD VS PESO**

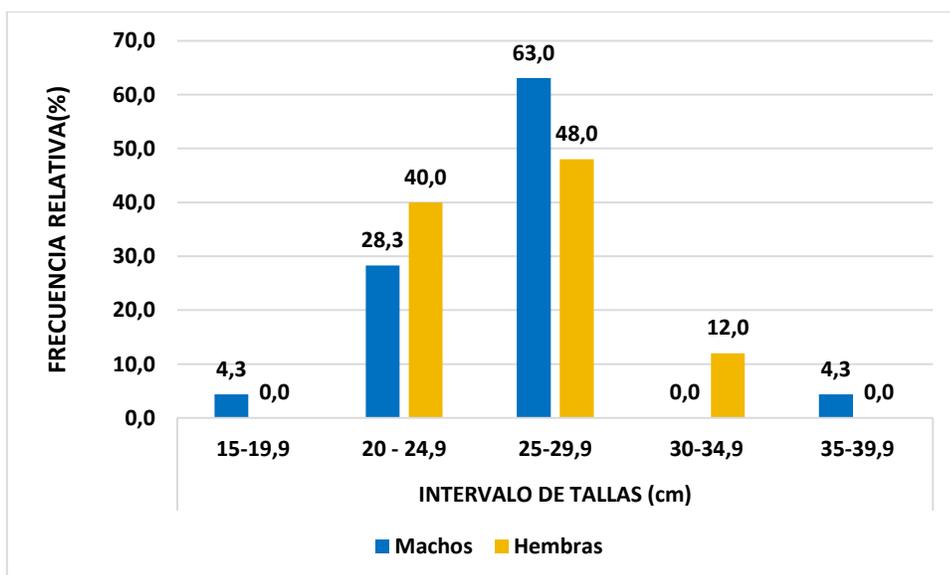
**CUADRO 5**  
**ESTRUCTURA DE TALLAS**

SEXO	INTERVALO DE TALLAS (cm)					TALLA MEDIA DE CAPTURA (mm)	TALLA MÁXIMA (mm)
	15-19,9 (%)	20 - 24,9 (%)	25-29,9 (%)	30-34,9 (%)	35-39,9 (%)		
Machos	4,3	28,3	63	0	4,3	289,2 ± 32,4	393
Hembras	0	40	48	12	0	289,4 ± 31,3	360
Total	2,8	32,4	57,7	4,2	2,8		

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo al Cuadro 5 y la Gráfica 2 se constata que el mayor porcentaje de los ejemplares capturados corresponden al rango de 25-29,9 cm con el 63% en machos y el 48% en hembras y no superan la talla mínima de 35 cm establecido como mínimo por el Reglamento de Pesca y Acuicultura del Departamento de Tarija para las cuencas del Pilcomayo y Bermejo y las regulaciones dictaminadas en las resoluciones administrativas de la Gobernación sobre tallas de captura para el sábalo. El rango establecido solo es superado en un 4,3% en machos, no así en hembras.

**GRÁFICA 2**  
**ESTRUCTURA DE TALLAS**



Fuente: Elaboración propia, 2017

La estructura de tallas encontradas para la misma zona por NATIVA (2014) establece que las hembras tienden a presentar mayor talla que los machos (Cuadro 2) sin embargo tampoco se superan la talla mínima de captura establecida para *Prochilodus*, coincidentemente con las tallas obtenidas en el presente estudio.

Por otra parte, las tallas de captura registradas en el estudio del Rio Bermejo (Escobar, 2004) para hembras de sábalo variaron entre 33 y 62 cm de longitud estándar, y para machos fluctuantes entre 33 y 58 cm longitud estándar, confirmando los resultados obtenidos por Regidor y Mosa, (2001), quienes obtuvieron una

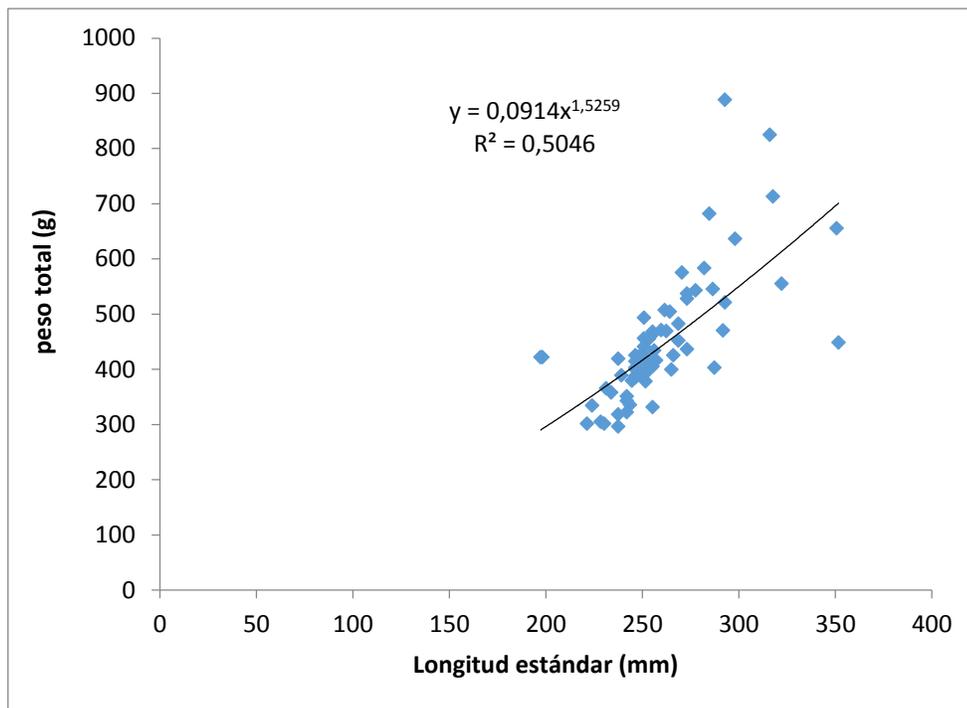
variación de tallas de captura entre 33,0 y 61,5 cm de Lstd, donde aproximadamente el 72% de los ejemplares midieron entre 35,0 y 42,4 cm.

Las tallas medias de captura en machos y hembras son similares, de alrededor de 289 mm.

Respecto a la relación Longitud estándar vs Peso corporal, los sábalos del Pilcomayo muestran un crecimiento alométrico (coeficiente de alometría  $b = 1,49$ ), aumentando en longitud más que en peso, posiblemente en relación a la necesidad de remontar aguas arriba en un río de fuerte corriente (Grafica 3)

### GRÁFICA 3

#### DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE PESO CORPORAL (en g) EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD ESTÁNDAR (en mm) Y RECTA DE REGRESIÓN LINEAL AJUSTADA POR CUADRADOS MÍNIMOS



Fuente: Elaboración propia, 2017

### 3.2. PROPORCIÓN DE SEXOS Y REPRODUCCIÓN

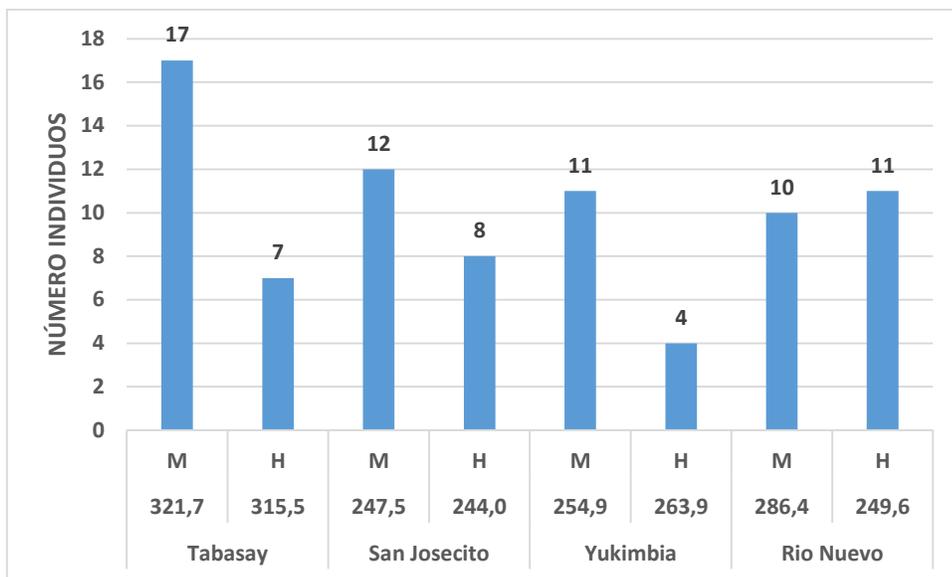
El cuadro 7 muestra la proporción de machos y hembras en los distintos puntos de muestreo.

**CUADRO 6  
PROPORCIÓN DE SEXOS**

PUNTO DE MUESTREO	Ls(mm)	SEXO	NÚMERO INDIVIDUOS	PROPORCIÓN MACHOS A HEMBRAS
Tabasay	321,7	M	17	2,42
	315,5	H	7	
San Josecito	247,5	M	12	1,5
	244,0	H	8	
Yukimbia	254,9	M	11	2,75
	263,9	H	4	
Rio Nuevo	286,4	M	10	0,91
	249,6	H	11	

Fuente: Elaboración propia, 2017

**GRÁFICO 4  
PROPORCIÓN DE SEXOS POR PUNTO DE MUESTREO**



Fuente: Elaboración propia, 2017

En los anteriores Cuadros y Gráficos se evidencia que la proporción de machos es mayor al de las hembras a excepción del punto de muestreo de Río Nuevo (con muy poca diferencia). En promedio la proporción sexual es 1,67 machos a hembras.

Considerando las tallas máximas de captura para machos y hembras, y las ecuaciones de Vazzoler (1991), tallas  $L_{50}$  y  $L_{100}$  serían  $L_{50} = 158,8\text{mm}$  y  $L_{100} = 203,7\text{mm}$  en el caso de los machos, y  $L_{50} = 145,5\text{mm}$  y  $L_{100} = 203,7\text{mm}$  en el caso de los machos, y  $L_{50} = 145,5\text{mm}$  y  $L_{100} = 186,7\text{mm}$  en el de las hembras.

Las hembras capturadas en este trabajo, presentaron tallas mínimas en el intervalo 200 \_ 249 mm, estando sexualmente activas, confirmando que la talla de madurez plena  $L_{100}$  se alcanzaría antes de este intervalo de talla.

Por consiguiente, tallas medias de captura de 289 mm permitirían a los ejemplares reproducirse antes de ser capturados, no siendo la sobrepesca de crecimiento un problema para la sustentabilidad pesquera.

Entre los meses de octubre se inicia el desarrollo gonadal en hembras como se muestra en el Cuadro 7 que comprende un cambio importante en el volumen (estadios III, IV, V) de maduración. Durante este periodo la mayoría de los ejemplares

observados presentan gónadas en estado de maduración 4 y 5 que caracteriza por un gran aumento del volumen y una coloración gris.

**CUADRO 7**  
**ESTADIOS DE MADURACION EN HEMBRAS (%)**

CAP T U R A	FRECUENCIA RELATIVA DE ESTADIOS DE MADUREZ (%)					
	I	II	III	IV	V	VI
<b>15-AGOSTO</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0
<b>17- OCTUBRE</b>	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0
<b>15- DICIEMBRE</b>	7.2	7.2	14.3	42.8	28.5	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2017

En el presente estudio se analizaron 30 ejemplares hembras capturadas en el periodo comprendido entre los meses de agosto/2015 a diciembre/2015. En los ejemplares capturados en el mes de agosto no se observó ningún signo de presencia de gónadas en desarrollo; iniciándose el desarrollo gonadal a partir del mes de octubre con un 25% incrementándose a un 42,8% en el mes de diciembre, disminuyendo a un 28,5% en el mismo mes pasando al estado de maduración 5.

Dicha información se corrobora con los resultados encontrados en el estudio de NATIVA (2014) como en los reportes del 2010 y 2012, que señalan que el periodo de reproducción en el río Pilcomayo se extiende desde noviembre a principios de febrero aproximadamente, indicado también, que la mayor parte de los especímenes registrados se encontraban en las últimas etapas del proceso de maduración (estado 5 en caso de las hembras y estado 3 en machos) reportando también hembras en estado 6 de maduración.

En el estudio realizado sobre la biología reproductiva del sábalo en el Río Bermejo (Escobar, 2004) se establece que, en octubre, la mayor parte de las hembras se encuentra madurando (estadio III), y algunas han comenzado a desovar, (estadio V). Durante noviembre se incrementa notablemente la proporción de hembras maduras (estadio IV). En diciembre, todas las hembras se encontraban maduras, desovando o en postfresa, coincidente con los datos encontrados para la zona de estudio del río Pilcomayo. Escobar (2004) establece que el periodo de desove en el Río Bermejo,

está caracterizado por un mayor porcentaje de hembras maduras pertenecientes a los estadios IV y V, maduras y desovando, registrados durante los meses de noviembre a diciembre.

En conclusión, podemos establecer que *Prochilodus lineatus* en el Río Pilcomayo presenta una estación reproductiva que fundamentalmente se extiende desde el mes de octubre a diciembre, coincidiendo con lo observado por otros autores ya mencionados.

### 3.3. ESTIMACIÓN DE LA FECUNDIDAD

La determinación de la fecundidad se realizó en base a una muestra de 14 individuos (hembras) en estado IV y V de maduración capturados en la zona de estudio.

**CUADRO 8**  
**FECUNDIDAD EN RELACIÓN A LA LONGITUD ESTANDAR (Ls) Y PESO CORPORAL (Wcorporal)**

Ejemplar	Longitud Estándar	Peso corporal ( $W_{corporal}$ )	Fecundidad ( $W_{ovario} * promedio_{recuento}$ )
5	221	301	30763
13	224	334	54717
7	248	428	18821
11	250	335	78585
12	246	385	75193
2	254	452	27323
6	264	504	51209
8	269	452	42491
10	278	543	61380
1	281	508	73568

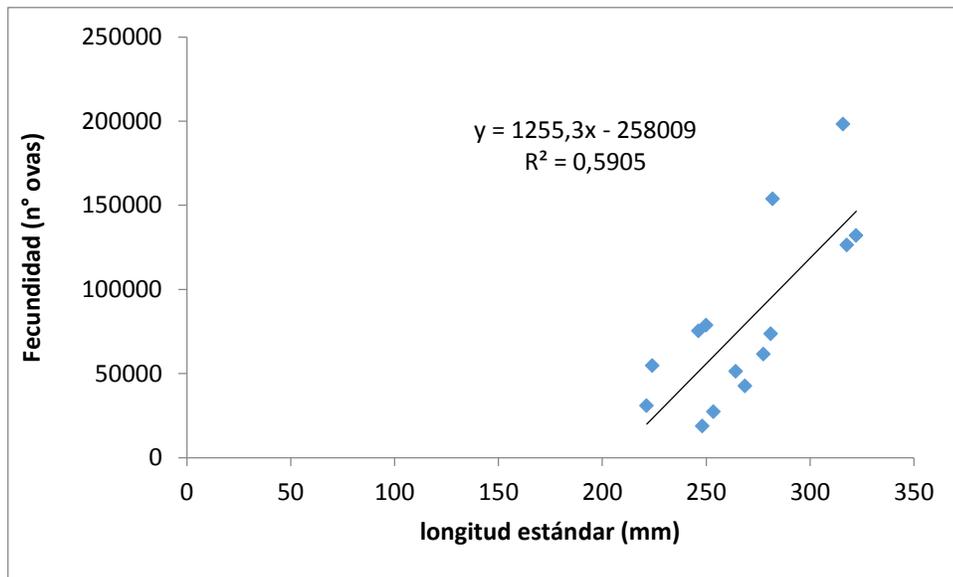
<b>3</b>	282	667	153703
<b>4</b>	316	825	198199
<b>9</b>	318	713	126372
<b>14</b>	322	555	131925
<b>Promedio</b>			<b>80303</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

La fecundidad total fluctuó entre un valor mínimo de 18.821 ovocitos en el ejemplar 7 y un máximo de 198.199 ovocitos en el ejemplar 4, para hembras cuyos tamaños correspondieron a 248 y 316 mm de longitud estándar, con pesos de 428 y 825 gramos respectivamente, siendo la fecundidad total promedio igual a 80.303.

### **GRÁFICA 5**

**DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DEL NÚMERO DE OVOCITOS EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD ESTÁNDAR (En mm) Y RECTA DE REGRESIÓN LINEAL AJUSTADA POR CUADRADOS MÍNIMOS**



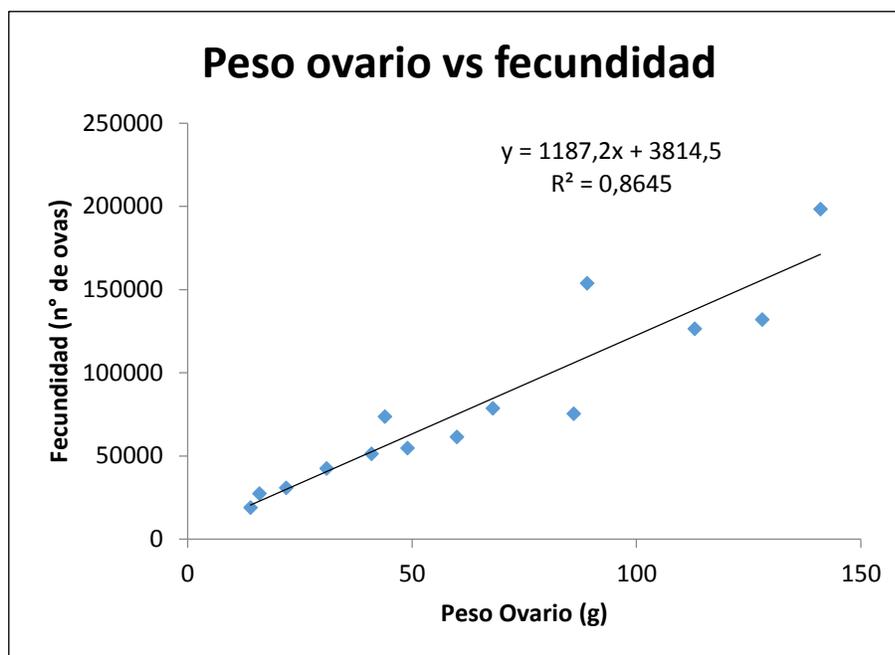
Fuente: Elaboración propia, 2017

Normalmente se tiende a tener una relación lineal entre la longitud estándar y fecundidad, lo cual se ha reportado en estudios anteriores para la zona (CONADE, 2012), coincidiendo con el presente estudio (Gráfica 5), en el que la regresión resultó significativa (valor crítico de  $F = 0,0015$ ,  $\alpha = 0,05$ ).

Del mismo modo, y como es de esperar en función de la anterior relación, la regresión lineal entre la fecundidad y el peso del ovario fue altamente significativa (valor crítico de  $F = 4 \times 10^{-7}$ ,  $\alpha = 0,05$ ). Es decir ovarios de mayor peso, mayor cantidad de ovas maduras (Gráfica 6).

## GRÁFICA 6

**DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DEL NÚMERO DE OVOCITOS EN FUNCIÓN DEL PESO DEL OVARIO (en g) Y RECTA DE REGRESIÓN LINEAL AJUSTADA POR CUADRADOS MÍNIMOS**



Fuente: Elaboración propia, 2017

Escobar (2004) ha encontrado para el Río Bermejo una fecundidad total máxima de 1.440.157 ovocitos y la mínima estimada de 230.128 ovocitos para hembras cuyos tamaños correspondieron a 58.5 y 34 cm de longitud estándar, con pesos de 3.900 y 1.450 respectivamente, siendo la fecundidad total promedio igual a 632.332.

NATIVA, (2014) reporta para la misma zona del Pilcomayo, una fecundidad absoluta que varía entre 65.765 y 276.962 ovocitos para hembras entre 23 y 32,5 cm de longitud estándar.

Tomando en cuenta los datos obtenidos por, Escobar (2004) y NATIVA (2014) podemos decir que los registrados en el presente estudio son valores muy por debajo de los mismos. En caso del sábalo del Bermejo, las diferencias podrían explicarse por las tallas mucho mayores de las hembras analizadas por Escobar (2004).

Para el estudio de NATIVA (2014), en el que los sábalos tienen tallas similares al de este trabajo, los menores valores de fecundidad podrían explicarse por diferencias en las condiciones de calidad de hábitat y alimentación entre los años de muestreo.

### 3.4. ÍNDICE GONADOSOMÁTICO

**CUADRO 9**  
**ÍNDICE GONADOSOMÁTICO POR EJEMPLAR**

<b>Ejemplar</b>	<b>Índice Gonadal (<math>W_{\text{ovario}} * 100 / W_{\text{total}}</math>)</b>
5	7,3
13	14,7
7	3,3
11	20,3
12	22,3
2	3,5
6	8,1
8	6,9
10	11
1	8,7
3	13,3
4	17,1
9	15,8

Fuente: Elaboración propia, 2017

El índice gonadosomático (**IGS**) fue 12, 5 para todo el periodo de muestreo calculado para 14 ejemplares de hembras sexualmente maduras o en desove. El menor índice gonadosomático fue 3,3 y el mayor índice gonadosomático estimado fue 22.3. Este índice es un indicador de la actividad reproductiva la cual se inició en el mes de octubre siendo el proceso más intenso durante el mes de diciembre.

NATIVA (2014) para la misma zona reporta un Índice Gonadosomático (IGS) de 19,8 y Escobar (2004) un índice Gonadosomático de 22,4 valores superiores encontrados en el presente estudio.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- El desarrollo gonadal se inicia a partir del mes de octubre con un 25% incrementándose a un 42,8% en el mes de diciembre, disminuyendo a un 28,5% en el mismo mes pasando al estado de maduración 5. Evidenciando que *Prochilodus lineatus* en el Rio Pilcomayo presenta una estación reproductiva fundamentalmente que va desde el mes de octubre a diciembre.
- La fecundidad total fluctuó entre un valor mínimo de 18.821 ovocitos y un máximo de 198.199 ovocitos para hembras cuyos tamaños correspondieron a 248 y 316 mm de longitud estándar, con pesos de 428 y 825 gramos respectivamente, siendo la fecundidad total promedio igual a 80.303, siendo estos valores muy inferiores a los registrados por otros autores para la misma zona. Estas diferencias podrían explicarse por cambios en las condiciones ambientales a lo largo del tiempo.
- El índice gonadosomático (**IGS**) fue de 12, 5 para todo el periodo de muestreo siendo el menor índice gonadosomático de 3,3 y el mayor de 22.3. Este índice es un indicador de la actividad reproductiva la cual se inició en el mes de octubre siendo el proceso más intenso durante el mes de diciembre, valores calculados muy por debajo de los encontrados en otros estudios para la misma zona. Evidenciándose que la zona de estudio representa de gran importancia para la reproducción del sábalo.
- Se constata que el mayor porcentaje de los ejemplares capturados corresponden al rango de 25-29,9 cm con el 63% en machos y el 48% en hembras y no superan la talla mínima de 35 cm establecido como mínimo por el Reglamento de Pesca y Acuicultura del Departamento de Tarija. El rango establecido solo es superado en un 4,3% en machos, no así en hembras; siendo además la proporción de machos mayor al de las hembras. Sin embargo, los resultados indican que a partir de los 20 cm de longitud, los sábalos del Pilcomayo habrían alcanzado la madurez sexual plena ( $L_{100}$ ) por lo que no existirían problemas de sobrepesca de crecimiento (es decir, capturar a los ejemplares antes de que puedan reproducirse). Sin embargo esto no

descarta la existencia de la sobrepesca por explotación (capturas del stock parental excesivas), dado que las estadísticas de capturas son muy fluctuantes.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Mantener un sistema permanente de registro de capturas, que involucre a los pescadores, principales usuarios del recurso, no solo como fuente de obtención de datos sino también como receptores del análisis de resultados.
- Continuar con los estudios de fecundidad para ajustar con mayor detalle los resultados de este y otros trabajos en la zona.