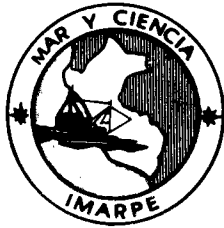


INSTITUTO DEL MAR DEL PERU



Boletín

ISSN – 0378 – 7699
VOL. 8 No. 6
NUMERO
EXTRAORDINARIO

**PESCA EXPERIMENTAL EN AGUAS NEGRAS Y LIMPIAS DEL LITORAL
DE LA BAHIA DE PUNO, LAGO TITICACA, PERU**

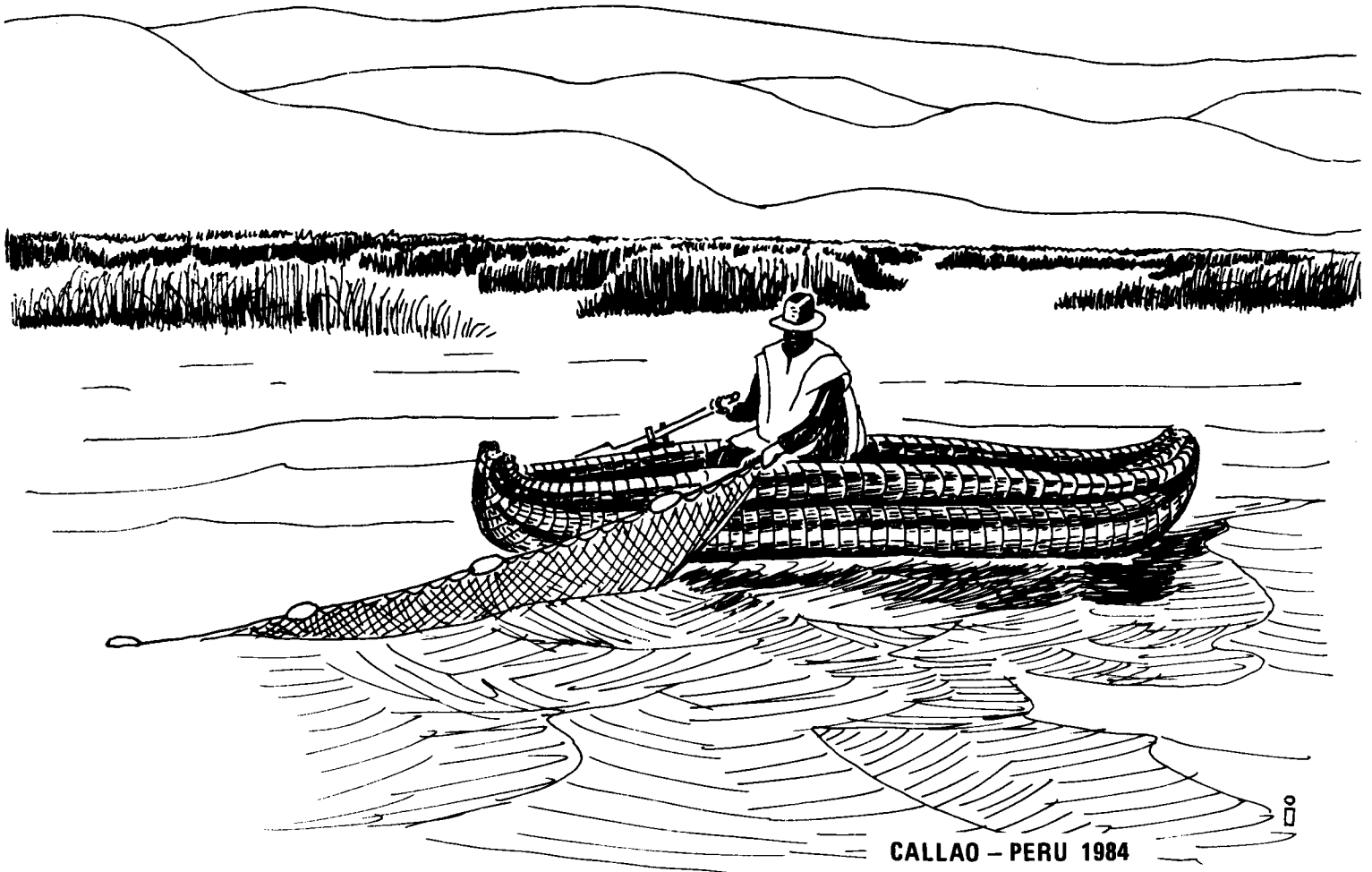
**EXPERIMENTAL FISHING IN LITTORAL AREAS OF THE “AGUA NEGRA” AND
“AGUA LIMPIA” OF PUNO BAY, LAKE TITICACA, PERU**

*H. Treviño
J. Torres
D. A. Levy
T. G. Northcote*

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
PUNO, PERU**

Y

**WESTWATER RESEARCH CENTRE
THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA
VANCOUVER, CANADA**



CALLAO – PERU 1984

C O N T E N I D O

PREFACIO	5
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	5
1. INTRODUCCION	6
2. DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO	6
3. DESCRIPCION DE LA FAUNA PISCICOLA	7
3.1 Especies nativas	
3.2 Especies exóticas	
4. METODOS	9
4.1 Procedimientos para la pesca con red agallera	
4.2 Procedimientos para la pesca con red de arrastre	
4.3 Tratamiento de los datos	
5. RESULTADOS	11
5.1 Abundancia de peces en la zona litoral	
5.2 Diferencias espaciales en abundancia	
5.3 Diferencias estacionales en abundancia	
5.4 Distribución de peces en la zona litoral	
5.5 Características de tamaño de pez	
5.6 Movimientos de los peces	
6. DISCUSION	17
6.1 Utilización por peces de la zona litoral	
6.2 Efectos de la contaminación del agua	
6.3 El futuro desarrollo de la pesquería en la zona litoral	
7. BIBLIOGRAFIA CITADA	20
8. APENDICES	
Apéndice No. 1. Resultados de captura y esfuerzo con red agallera para julio-agosto 1981	21
Apéndice No. 2. Resultados de captura y esfuerzo para enero-febrero 1982	24
Apéndice No. 3. Resultados con red de arrastre para julio-agosto 1981 y enero-febrero 1982	28
Apéndice No. 4. Traducción inglesa del texto	29

RESUMEN

Se llevaron a cabo dos censos en la zona de "agua negra" de la bahía interior de Puno y en la zona adyacente de "agua limpia" en Ojerani, durante julio y agosto de 1981 y enero y febrero de 1982. Comparaciones de captura por unidad de esfuerzo con redes agalleras y con redes de arrastre indicaron diferencias marcadas en la abundancia de poblaciones de peces en las dos zonas. Mientras que tres de las especies nativas dominantes de *Orestias* (carachi gringo, *O. olivaceus*; carachi amarillo, *O. luteus*; e ispi, *O. ispi*) se encontraron en números reducidos en la zona de "agua negra", una especie (carachi gris, *O. agasii*) se mostró en similar abundancia en las dos zonas. El atherínido introducido (pejerrey, *Basilichthys bonariensis*) resultó ser más abundante en la zona de agua negra. Se observaron también diferencias en la distribución vertical del pejerrey: este pez ocupaba una parte más alta de la columna de agua en la zona de agua negra; así como en la distribución del tamaño: los peces son más grandes en la zona de agua negra. Los resultados sugieren que, la polución por los desechos de Puno elevan la producción del pejerrey, pero puede disminuir la producción de algunas de las especies nativas de carachi.

Las diferencias en la captura de peces y en las curvas de selectividad de redes agalleras en las dos estaciones, indicaron que el pejerrey, el carachi gris y el carachi amarillo viven y crecen en la zona litoral del Lago Titicaca durante largos períodos. El carachi gringo y el ispi migran a la zona litoral para desovar, mayormente en la época de lluvia. Durante la época seca y la época lluviosa ocurrieron marcadas migraciones diurnas de las especies dominantes: el pejerrey ocupa la zona de la orilla mayormente durante el día, mientras que el carachi ocupa esta zona mayormente de noche.

La gran abundancia de ispi en desove en la zona litoral, puede proveer una oportunidad para extender la pesquería local de subsistencia en el Lago Titicaca, a condición de que se tomen medidas para evitar la sobre explotación de este recurso.

PREFACIO

Este estudio de las poblaciones de peces del Lago Titicaca fue resultado de un intercambio científico entre el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Puno, Perú y el Centro de Investigaciones de Westwater (Westwater Research Centre), la Universidad de Columbia Británica (The University of British Columbia, U.B.C.), Vancouver, Canadá. Los fondos para la investigación provinieron de la sección de servicios para la cooperación y el desarrollo de la División institucional (Institutional Cooperation and Development Services Division) de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), Ottawa, Canadá. Esta investigación fue un aspecto del proyecto de UNTA 1/UBC/CIDA para la capacitación en la calidad de agua y el manejo de los recursos acuáticos que se han venido realizando desde 1981. Como primer enfoque del estudio, el proyecto UNTA/UBC/CIDA ha comprendido unas investigaciones para evaluar los impactos de la contaminación por las aguas residuales

domésticas sobre el ecosistema acuático del Lago Titicaca. El estudio de IMARPE/UBC investigó los efectos de la contaminación del agua sobre uno de los recursos acuáticos del Lago Titicaca - las poblaciones de peces que se encuentran en la zona litoral y que forman la base para la pesquería nativa en las partes peruanas y bolivianas del lago.

A pesar de la importancia económica en la región del altiplano de los recursos pesqueros del Lago Titicaca, sólo existe una comprensión fragmentaria de las poblaciones de peces del lago y la pesquería que en ellas se mantiene. El laboratorio regional de IMARPE en Puno ha iniciado unas investigaciones preliminares (Bustamente y Treviño, 1977) sobre la pesquería del Lago Titicaca. Recientemente la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha patrocinado investigaciones (Northcote, 1979; Northcote, 1980; Johanneson et al., 1980; Alfaro et al., 1982) que proporcionaron descripciones adicionales de las poblaciones de peces del Lago Titicaca. Siguiendo las recomendaciones de Northcote (1980), este estudio de la población de peces de la bahía de Puno, fue emprendido para lograr un mejor entendimiento de la ecología de peces litorales del Lago Titicaca. También se diseñó el estudio para describir los efectos de la calidad de aguas contaminadas sobre estas poblaciones de peces, en contacto directo con las aguas severamente polucionadas de la bahía interior de Puno.

AGRADECIMIENTO

Fue posible realizar este estudio gracias a la cooperación del Dr. Eufracio Bustamente, Director del laboratorio de IMARPE en Puno, Perú. El personal de IMARPE, incluyendo a Pedro Castillo y a Jesús Quispe Cruz, proporcionaron mucha ayuda en el campo y en el laboratorio. Dante Choquehuanca, un estudiante voluntario del proyecto, tomó parte en todas las etapas del trabajo. Varios voluntarios de UBC, incluyendo a Linda Berg, Nancy Clogg y Moira Greaven, participaron en la colección de datos y en el análisis. Itsuo Yesaki del Westwater Research Centre, UBC, hizo las ilustraciones y las figuras, y Darlene Nickull, también de Westwater, se encargó de la mecanografía. La identificación de los especímenes de "ispis" fue confirmada por el Dr. Laurent Lauzanne de ORSTOM, quien comparó nuestras muestras de la bahía de Puno con los especímenes tipo del Museo de París. Wayne Wurtsbaugh, de la Universidad de California, Davis realizó una valiosa revisión del manuscrito. La traducción inicial del manuscrito del inglés al castellano fue hecha por Moira S. Greaven con comentarios de la Dra. Diana Valiela.

1.- INTRODUCCION

En las regiones templadas hace varias décadas que se han estudiado los efectos de la eutroficación cultural sobre las comunidades de peces en lagos grandes, especialmente en Europa (Northcote y Rundberg, 1970; Björk, 1972; Nümann, 1972; Andersson et al., 1975) y en Norte América (Beeton y Edmondson, 1972; Northcote, 1972, 1973). En efecto, hace más de dos décadas que se hizo (Larkin y Northcote, 1969) un resumen de las reacciones del pez al aumento de la carga de nutrientes, tales como la mayor tasa de crecimiento, el cambio en la estructura de clases de edad, la edad de madurez, a la fecundidad, el reclutamiento de juveniles y la supervivencia en el estudio del uso del pez como indicador de la eutroficación. Sin embargo este trabajo no ha tenido mucho que ver con las condiciones que probablemente existen en áreas tropicales o con las faunas piscícolas especiales que allí se encuentran.

La eutroficación cultural no está limitada a las latitudes templadas. Se han documentado algunos de sus efectos más extremos sobre bajos niveles tróficos de cuerpos de aguas continentales de regiones tropicales y sub-tropicales de Sudamérica (Björk, 1975, 1978). A pesar de la importancia del pez como fuente de proteína en algunas regiones rurales de Sudamérica y los efectos serios que la eutroficación puede tener sobre las poblaciones de peces, se han realizado lamentablemente pocos estudios de este tema. Por consiguiente, como parte de un proyecto de capacitación general sobre el estudio de la calidad de agua y el manejo de los recursos acuáticos que se están realizando en Puno, Perú, en las orillas del Lago Titicaca, fue posible emprender un estudio de las poblaciones de peces en la parte interior de la bahía de Puno, las que fueron más seriamente afectadas por la eutroficación y hacer comparaciones con una zona cercana en la misma bahía alejada ya de la zona seriamente polucionada.

2.- DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

Se ubicaron las áreas de estudio dentro de la bahía interior de Puno del Lago Titicaca, Perú (Fig. 1). El Lago Titicaca es un lago tropical con una superficie de más de 8000 km², situado en el altiplano Peruano y Boliviano, a 3803 metros sobre el nivel del mar. La información morfométrica sobre el Lago Titicaca fue proporcionada por Gilson (1964), Richerson et al., (1977), Boulange y Aquize (1981), y Alfaro et al., (1982). En su extensión mayor mide 176 km y su anchura máxima es de 66 km. La profundidad máxima del lago es de 281 m y el volumen total del agua es 866 km³. La zona litoral del Lago Titicaca (desde la orilla hasta una profundidad de 10 m.) abarca una área de 1600 km² y el contorno total mide 1141 km (Alfaro et al., 1982).

El Lago Titicaca se encuentra en una cuenca de drenaje interna que tiene una superficie aproximadamente 8 veces la del lago total (Richerson et al., 1977). La tierra circundante al lago se utiliza principalmente para la agricultura. Los ríos principales que desembocan en el lago, clasificados en orden del volumen anual de caudal de entrada de agua son: Ramis, Ilave, Coata, y Suches. Los afluentes de ríos proporcionan sólo el 42

por ciento del agua que ingresa al lago, el otro 58 por ciento se debe a la precipitación directa (Monheim, 1956). Del volumen total del caudal de entrada, un 5 por ciento sale del lago por el único efluente principal: el río Desaguadero; el 95 por ciento sale por evaporación (Gilson, 1964). La alta tasa de evaporación y el largo período de retención (se evalúa en 70 años) del agua producen altas concentraciones de sólidos disueltos en las aguas del Lago Titicaca (Richerson et al., 1977).

Las diferencias estacionales en las temperaturas medias del altiplano son pequeñas y los rangos diarios de la temperatura son algo mayores que la amplitud anual de promedios mensuales (Gilson, 1964). Monheim (1956) ha resumido la información hidrológica para la región del Lago Titicaca. De los 600-700 mm de precipitación que caen anualmente, por término medio, el 73 por ciento cae en los meses de verano: diciembre a marzo. Sólo un 4 por ciento de la precipitación anual promedia cae entre mayo y agosto, durante los secos meses invernales. La importante diferencia en la precipitación del invierno seco al verano húmedo impone una influencia estacional sobre el ecosistema del Lago Titicaca.

Aunque la mayoría del área del lago grande tiene taludes empinados y profundos, la bahía de Puno es mucho menos profunda (en su mayor parte, menos de 30 m) y está en gran parte separada del Lago Grande (Fig. 1). Aproximadamente la mitad de la bahía de Puno está cubierta por un macizo de macrófitos emergentes, *Schoenoplectus tatora*, de acuerdo con la profundidad relativamente baja de gran parte de la bahía. La bahía interior de Puno es una ensenada de poca profundidad (profundidad máxima de 7 m) rodeada a lo largo de la orilla por la ciudad de Puno con macizos extensos de totora en el margen occidental (Fig. 1). Los intercambios de agua con la bahía exterior de Puno están reducidos por la presencia de dichas concentraciones de totora, salvo en la vecindad de los canales dragados para navegación.

El sistema de recolección de aguas residuales y su tratamiento en la ciudad de Puno, es muy ineficaz. Un total de 60,000 habitantes vive en la ciudad (aumentando en 10-20,000 en días del mercado, fiestas etc.; cifras del censo de 1981) y las facilidades para las aguas negras domésticas sólo sirven a una fracción de la población. Un gran número de los habitantes defeca abiertamente en las calles y junto con los desagües domésticos no tratados de la ciudad, la materia fecal va directamente a la bahía interior de Puno.

Como resultado de la contaminación severa por las aguas residuales, ha disminuido la claridad del agua de la bahía interior de Puno. Se puede distinguir una zona de agua de poca transparencia llamada la zona de "agua negra" (menos de 1 m de profundidad con el disco Secchi), cerca a la orilla extendiéndose hasta el centro de la bahía interior de Puno. Más lejos de la orilla y fuera de la contaminación directa existe una zona de agua más clara (entre 1 m y 2.5 m de profundidad con el disco Secchi) llamada la zona de "agua limpia". La extensión especial de las dos zonas varía de acuerdo a las condiciones de precipitación estacional (Vásquez, en preparación).

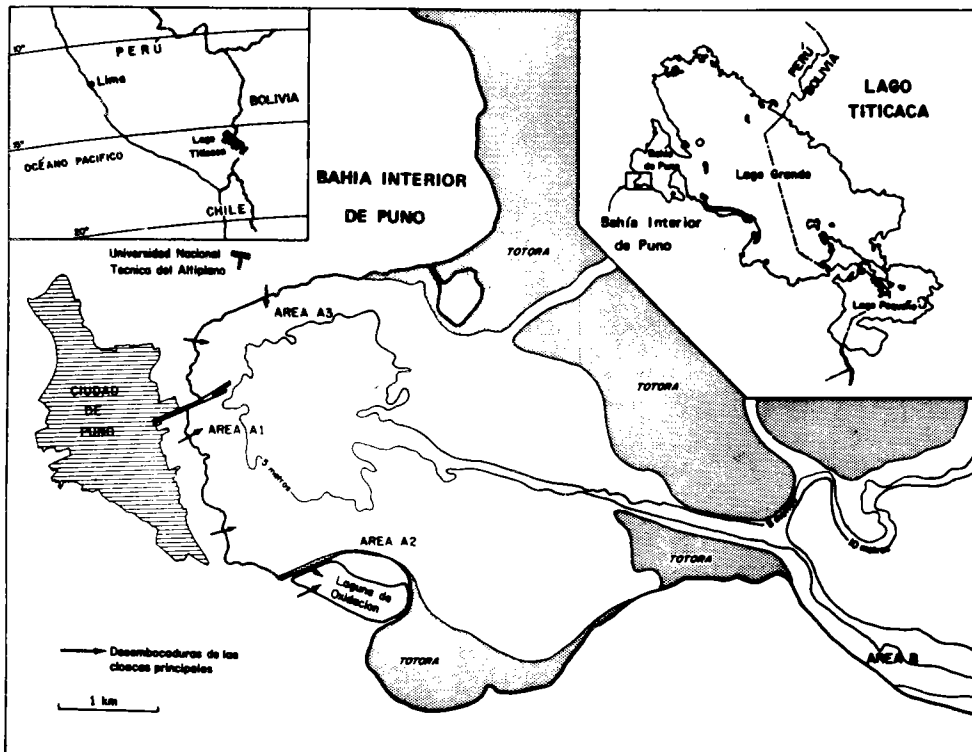


FIGURA 1. Ubicación de las áreas de muestreo en la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca, Perú.

Se ubicaron las áreas A1, A2 y A3 en la zona de agua negra de la bahía interior de Puno, mientras que el Area B se ubicó en la zona de agua limpia cerca del pueblo de Ojerani (Fig. 1). El Area A1 se ubicó contigua a la descarga más grande de aguas residuales de la ciudad de Puno y contenía el agua más contaminada que se observó en el Lago Titicaca. En todos los sitios se encontraron las macrofitas sumergidas (*Myriophyllum* sp., *Elodea* sp., *Potamogeton* sp., *Ruppia* sp., *Nitella* sp., *Chara* sp., y *Sciaromium* sp.) pero la macrofita flotante (*Lemna* sp.) se encontró abundantemente sólo en el Area A1. Además de diferencias en la transparencia del agua entre los sitios de agua negra y los de agua limpia, habían diferencias en las características de los sedimentos. En Areas A1, A2 y A3 los sedimentos formaban una lama oscura y blanda mientras que en el Area B, los sedimentos eran arenosos y duros.

3.- DESCRIPCIÓN DE LA FAUNA PISCICOLA

3.1 Especies nativas

Existen dos géneros de especies nativas en el Lago Titicaca, el ciprinodonte *Orestias* y el tricomictérido *Trichomycterus* (Fig. 2). Hace mucho tiempo que los ictiólogos y los ecólogos han tenido interés en la fauna piscícola del Lago Titicaca en razón de las características geográficas incomparables del lago, tales como la gran altitud, el gran tamaño y la ubicación tropical (16° S). Recolecciones científicas del lago datan de más de un siglo (Valenciennes, 1839; Agassiz y Garman, 1876; Evermann y Radcliffe, 1917; Eigenmann y Allen, 1942). El estudio más extenso de la taxonomía de peces nativos

resultó de recolecciones hechas por la expedición de Percy Sladen en 1937 (Gilson, 1938) y los análisis emprendidos por Tchernavin del Museo Británico (Tchernavin, 1944A; Tchernavin, 1944B). En su revisión de *Orestias*, Tchernavin (1944A) reconoció 20 especies que organizó en 4 grupos:

GRUPO I

Orestias cuvieri
Orestias pentlandii

GRUPO II

Orestias agassii
Orestias uyuniensis
Orestias jussiei
Orestias polonorum
Orestias langui
Orestias olivaceous
Orestias luteus
Orestias albus

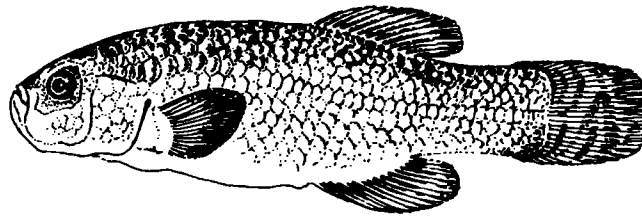
GRUPO III

Orestias uruni
Orestias minutus
Orestias minimus
Orestias gilsoni
Orestias tutini
Orestias taquiri

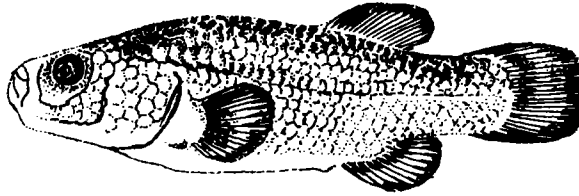
GRUPO IV

Orestias mulleri
Orestias incae
Orestias crawfordi
Orestias mooni

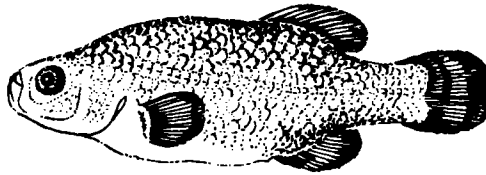
PESCA EXPERIMENTAL EN AGUAS NEGRAS Y LIMPIAS DEL LITORAL
DE LA BAHIA DE PUNO, LAGO TITICACA, PERU



Orestias agasii



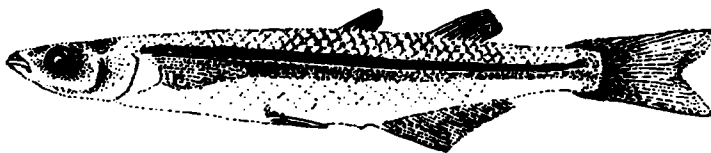
Orestias luteus



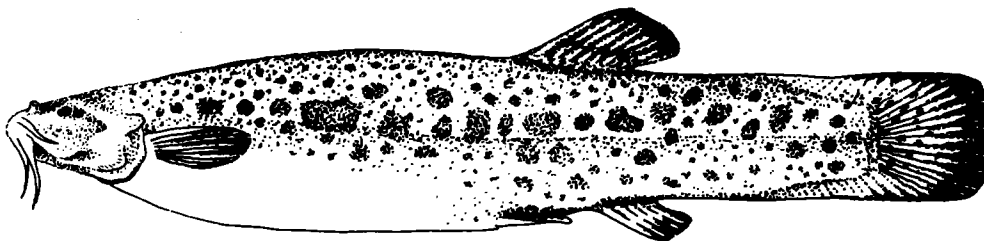
Orestias olivaceous



Orestias ispi



Basilichthys
bonariensis



Trichomycterus
rivulatus

FIGURA 2. Diagrama de las especies ícticas dominantes en el litoral de la Bahía de Puno, Lago Titicaca.

Los 4 grupos pueden representar géneros distintos o posiblemente subgéneros (Tchernavin, 1944A). También se puede clasificar las especies en 3 grupos ecológicos principales: formas depredadoras tal como *O. cuvieri*, formas planctívoras como *O. mooni* (localmente llamado "ispi"); y formas bentófagas como *O. agasii* (llamado "carachi").

Estudios recientes hechos por Lauzanne (1981) han confirmado la existencia de tres *Orestias* adicionales del Grupo IV: *O. tchernavini*, *O. ispi* y *O. forgeti*. Un total de 23 especies de *Orestias* han sido descritas y sin duda las colecciones científicas y los estudios taxonómicos reconocerán más adelante otras especies.

Dos especies de *Trichomycterus* del Lago Titicaca fueron reconocidas en la revisión del género por Tchernavin: *T. rivulatus* y *T. dispar*. Los nombres comunes de las especies *Trichomycterus* son "suche" y "mauri". Aunque se han descrito muchas otras especies de *Trichomycterus* del Lago Titicaca, Tchernavin las consideró como especies polimórficas de *T. rivulatus* (Tchernavin, 1944B).

Entre los peces de agua dulce, se ve más diversidad de especies en las latitudes tropicales que en las templadas (Lowe-McConnell, 1969; se han revisado mecanismos posibles en Pianka (1966)). En comparaciones de la diversidad de especies nativas de peces del Lago Titicaca con otros lagos tropicales, se ha concluido que la fauna del Titicaca es menos diversa que la de otros lagos tropicales de similar extensión y profundidad (Richerson et al, 1977). Comparado a una regresión mundial del número registrado de especies de peces en proporción a la superficie lacustre ("log-log transformed"), los datos del Lago Titicaca (número de especies = 18, área = 10,000 km²) no se aproximan a la línea de regresión (Barbour and Brown, 1974). Richerson et al (1977) proponen cuatro causas posibles de la baja diversidad de especies incluyendo: (1) recolección insuficiente, (2) aislamiento extremo, (3) condiciones extremas (baja temperatura), (4) fluctuaciones extremas en sólidos disueltos. En su revisión de las comunidades de peces de agua dulce tropical, Lowe-McConnell (1975) indica que en los ríos tropicales la diversidad de peces disminuye con la altitud, probablemente por efecto de la temperatura. La altitud y las temperaturas bajas (10-15° C) del Lago Titicaca pueden ser razón, aparentemente, de la baja diversidad de especies de peces.

3.2 Especies exóticas

Durante el siglo 20 la fauna piscícola del Lago Titicaca experimentó cambios radicales debido a la introducción de especies exóticas de peces. Laba (1979) presenta la historia de las introducciones y da una evaluación socio-económica de las consecuencias. A instancia de los gobiernos del Perú y de Bolivia, la Agencia de la Pesquería de EE. UU. realizó una investigación del Lago Titicaca (James, 1936). Recomendó la trucha de lago (*Salvelinus namaycush*), al "whitefish" (*Coregonus clupeaformis*) y al "cisco" (*Coregonus* sp.) como posibles especies para introducir en el Lago Titicaca. Adoptando sus recomendaciones, se construyó un criadero de peces para truchas

en Chucuito en 1940. Según Everett (1971), el criadero crió ovas de 5 especies de peces exóticos en etapas distintas: trucha de lago, el "whitefish", la trucha marrón (*Salmo trutta*), la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) y la trucha de arroyo del este (*Salvelinus fontinalis*). Los resultados de las introducciones fueron varios. A fines de los años 60, Everett (1971) consideró que la trucha de lago era poco común o estaba ausente. Evidentemente la trucha de lago sobrevivió en el lago ya que Gilson (1964) informó de un ejemplar pescado de 38.5 kg. Las ovas de "whitefish" resultaron ser infecundas, la trucha marrón colonizó con éxito el río llave y la trucha de arroyo, que fue introducida en 1955, también fue considerada poco común (Everett, 1971). La trucha arco iris, que fue introducida en 1942, fue la única especie que formó la base de una pesquería comercial viable. Por el año 1950 se encontraron poblaciones auto-reproductivas por todo el Lago Titicaca y sus afluentes (Everett, 1971). Everett (1973) estudió el desarrollo y el fracaso de la pesquería de la trucha arco iris que en su apogeo en 1965 produjo 500 TM de productos enlatados. Debido a capturas excesivas, las pescas disminuyeron a fines de los años 60 y las cinco fábricas de conservas suspendieron sus operaciones (Everett, 1973). Actualmente, todavía se sigue capturando comercialmente la trucha para su venta en forma fresca en el mercado. Cálculos de Alfaro et al. (1982) sugieren que la captura de trucha en 1979 fue del mismo orden de magnitud que la captura máxima de los años óptimos.

Otra especie exótica que también invadió con éxito al Lago Titicaca y que mantiene una pesquería comercial viable, es el pejerrey de Argentina, *Basilichthys bonariensis*. El pejerrey fue introducido a la cuenca como un pez deportivo que migró accidentalmente al Lago Titicaca por el río Desaguadero en 1955 o 1956. Por el año 1967 los pejerreyes ya abundaban por todo el lago y sus afluentes (Wurtsbaugh, 1974). La población es auto-reproductiva en el Lago Titicaca y en 1979 rindió capturas comerciales de casi 1000 TM (Orlove, datos no publicados).

4.- METODOS

Durante el presente estudio se realizaron muestreos en el campo para establecer si existían diferencias en la abundancia, distribución y movimientos de la población de peces dentro del agua negra de la bahía interior de Puno y la zona adyacente de agua limpia. Muestreos intensivos fueron efectuados en dos períodos distintos. El primer período de muestreo se realizó en julio-agosto de 1981, durante la época seca invernal, y el segundo en enero-febrero de 1982, durante la época lluviosa de verano. El diseño experimental del conjunto fue idéntico durante los dos períodos, incluyendo al principio un período de cuatro días de muestreo en Area A1 y B (2 días de muestreo en cada área) y un segundo período de 4 días de muestreo en las áreas A1, A2, A3 y B (un día de muestreo en cada área). El cronograma de muestreo durante los dos períodos de reconocimiento fue el siguiente:

PESCA EXPERIMENTAL EN AGUAS NEGRAS Y LIMPIAS DEL LITORAL DE LA BAHIA DE PUNO, LAGO TITICACA, PERU

	Area A1	Area B	Area A2	Area A3
Epoca seca				
Julio 1981	23-24 Julio	25-26 Julio		
	24-25 Julio	26-27 Julio		
Agosto 1981	3-4 Agosto	6-7 Agosto	4-5 Agosto	5-6 Agosto
Epoca de lluvia				
Enero 1982	18-19 Enero	20-21 Enero		
	19-20 Enero	21-22 Enero		
Febrero 1982	1-2 Febrero	2-3 Febrero	3-4 Febrero	4-5 Febrero

Dos métodos de pesca proporcionaron la base para las comparaciones cuantitativas: la pesca con red agallera y la pesca con red de arrastre. La familiarización con la colocación y el recobro de las redes agalleras se hizo durante enero de 1980, cuando se colocaron redes agalleras experimentales en Ojerani (Area B) y la bahía de Chiflón (ver Northcote, 1980). Se establecieron sitios para la pesca con red de arrastre para el estudio actual durante un muestreo exploratorio en áreas A1, A2, A3 y B a mediados de julio de 1981.

4.1 Procedimientos para la pesca con red agallera.

Se pescó con redes agalleras monofilamento de 1, 2 y 5 m de altura, colocadas en aguas de profundidad correspondiente. Las redes de 1 m y de 5 m consistieron de 6 diferentes tamaños de malla (25, 40, 52, 63, 75 y 101 mm) en paños de 10 m de largo (estirados diagonalmente de nudo a nudo) lo que formó en total un conjunto de redes de 60 m de largo. Se añadió a la red de 2 m dos paños de malla fina de 12 mm y de 19 mm, cada uno de 18.6 m de longitud, resultando en una longitud total de 97.2 m. Para ayudar a determinar la posición vertical de los peces en las redes agalleras, se entretejió un hilo de nylon por el hilo central de las redes de 2 m y 5 m (es decir a las profundidades de 1 m y de 2.5 m respectivamente).

Se colocaron las redes a 1, 2 y 5 m de profundidad y paralelas a la orilla, para pescar en la columna de agua entera, desde la superficie hasta el fondo. Dentro de cada área se establecieron dos sitios de réplica, separados por 100 m y se colocaron dos conjuntos de redes para pescar a cada profundidad. Se tendieron las redes en la tarde y se las dejó por un período estandar de aproximadamente 14 horas, antes de recogerlas temprano en la mañana siguiente. El período medio de pesca (Fig. 3) mostró poca variación en los diferentes meses de muestreo.

Luego de recoger y transferir las redes agalleras a sus respectivas canastas, se extendieron en la orilla sobre una sección de lámina plástica. Se desenmallaron los pescados paño por paño y, en el caso de las redes de 2 m y 5 m, se agruparon de acuerdo a su posición vertical como "mitad de arriba" o "mitad de abajo". Se transfirieron los pescados de los baldes marcados a bolsas de plástico conteniendo 10 o/o de formalina con etiquetas que señalaban la fecha de muestreo, el área, la estación, la profundidad, el tamaño de malla, y la posición

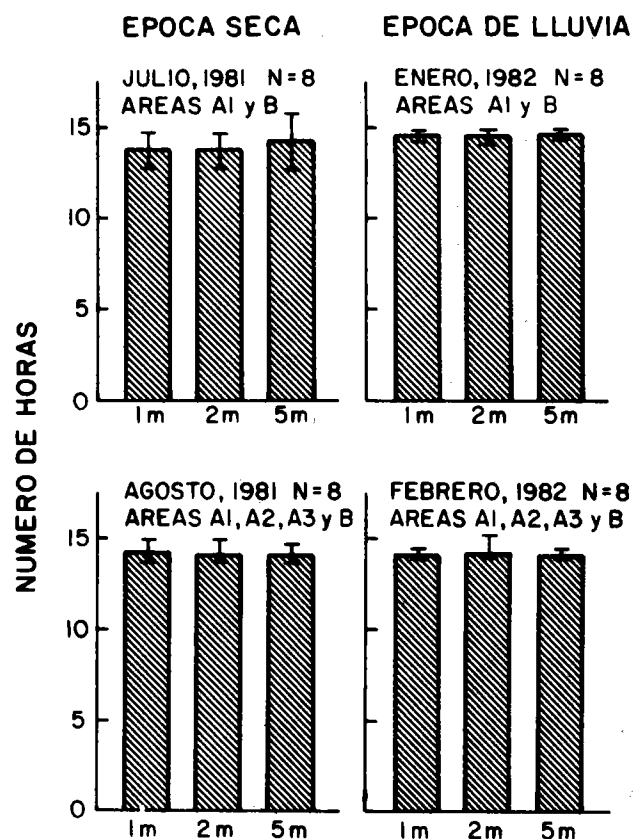


FIGURA 3. Comparación del período de pesca con redes agalleras en diferentes meses.

vertical. Se identificaron, enumeraron y analizaron en el laboratorio las muestras de los peces capturados.

Se han depositado en el museo de ictiología de la Universidad de Columbia Británica, Vancouver, Canadá muestras representativas de las capturas con redes agalleras en ambas zonas, es decir, de agua negra y agua limpia.

4.2 Procedimientos para la pesca con red de arrastre.

Se jaló una red de arrastre de malla fina de 6 mm (malla estirada) de 1 m de altura y 12.5 m de largo, en sitios de playa en las Areas A1, A3 y B. Puentes de soga unieron la relinga de lastre y la de flotadores de la red para que la relinga de lastre tomara la mayor parte de la tensión a medida que se recogía la red. Con un bote de remos se tendió la red paralela a la orilla al extremo de

una soga de 50 m. y luego fue recogida por 6 a 8 personas en la orilla.

Se realizó la pesca con red de arrastre tanto de día (12:00 horas) como de noche (21:00 horas). Como mínimo se realizaron dos jaladas en áreas vecinas en cada estación. En el campo se identificaron y enumeraron los pescados amallados en la red de arrastre y fueron preservados en bolsas de plástico con 10 o/o formalina y etiquetas con las fechas de muestreo, área y número de réplica, para luego analizarlos en el laboratorio.

Los peces capturados en la red de arrastre fueron medidos frescos, después de un período de un día o de varias semanas (conservados en 10 o/o formalina). No se hicieron correcciones de tamaño de ejemplares conservados en formalina en razón del encogimiento. Se midieron los pescados sobre un ictiómetro, anotando la dimensión hasta la horquilla al mm., se secaron y luego se pesaron al gramo con balanzas de resorte Pesola de 100 gramos o de 200 gramos.

4.3 Tratamiento de los datos.

Los datos de pesca con red agallera fueron analizados en el sistema de computación de la UBC, con el programa de MIDAS desarrollado por el laboratorio de investigaciones estadísticas de la Universidad de Michigan. Se utilizó el programa de la computadora para reconstruir los datos de pesca con red agallera de acuerdo al área, tamaño de malla, profundidad y a la posición vertical. Se pueden ver los resultados de este análisis en los apéndices 1 y 2 que corresponden a la época seca y la época de lluvia respectivamente.

Para comparaciones cuantitativas de la abundancia de peces entre las áreas se calcularon datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE). El esfuerzo fue definido como el producto de período de colocación de la red agallera por el área de la red en unidades de horas x m². Datos de esfuerzo para los cálculos de CPUE se pueden ver en la Tabla 6 del Apéndice 1 (época seca) y Tabla 6 del Apéndice 2 (época de lluvia).

Datos de CPUE para redes agalleras fueron analizados estadísticamente por el análisis de varianza "3-way factorial" (Sokal y Rohlf, 1981). Se convirtieron los datos de CPUE en $\sqrt{\frac{\text{pesca} + 0.5}{\text{horas} \times \text{m}^2}}$

y se analizaron con una microcomputadora Apple II Plus 48k en la UNTA, con un programa ANDEVA "multi-way" comprado de Dynacomp Inc., Rochester, N.Y. Varios de los análisis fueron repetidos con una calculadora manual para verificar los resultados.

Datos del promedio de CPUE de redes de arrastre fueron calculados en base a los datos que se presentan en el Apéndice 3. La unidad de esfuerzo se estableció en una jalada de red de arrastre que correspondía a un área jalada que abarca aproximadamente 500 m² de habitat litoral.

5.— RESULTADOS

5.1 Abundancia de peces en la zona litoral.

Dos géneros, el *Orestias* (nativo) y *Basilichthys*, (introducido) comprendieron la mayoría de los peces capturados en los sitios litorales de muestreo de la bahía interior de Puno. La importancia de estos dos géneros fue evidente tanto en la época seca como en la época lluviosa (Tabla 1). Aparte de 27 *Salmo gairdneri* (0.036 o/o de la pesca total) y 10 *Trichomycterus* sp. (0.013 o/o de la pesca total) todos los demás 74,587 especímenes capturados en las redes agalleras fueron del género *Orestias* o de *Basilichthys*. *Ispi* (*O. ispi*) fue el más abundante de las especies de *Orestias* nativas en los muestreos con la red agallera, correspondiendo a 93.7 o/o de la pesca total con red agallera. Segundo en abundancia en las muestras por red agallera fue el pejerrey argentino introducido, *Basilichthys bonariensis*, (Tabla 1). Tres otras especies nativas de *Orestias* predominaron numéricamente en la zona litoral de la bahía interior de Puno: *O. olivaceous* (carachi enano o gringo), *O. agasii* (carachi gris) y *O. luteus* (carachi amarillo). Otras especies de *Orestias* que se encontraron raras veces en las muestras incluían a *O. pentlandii* (boga) y *O. albus*.

TABLA 1. Número total de peces capturados con redes agalleras en la bahía de Puno en julio-agosto 1981 y enero-febrero 1982.

ESPECIES	EPOCA SECA			EPOCA DE LLUVIA		
	julio	agosto	TOTAL	enero	febrero	TOTAL
TOTAL	3,166	1,290	4,456	9,367	60,801	70,168
<i>Orestias ispi</i> "ispi"	1,379	464	1,843	7,988	60,058	68,046
<i>Basilichthys bonariensis</i> "pejerrey"	1,040	420	1,460	724	292	1,016
<i>Orestias</i> ^a "carachi"	738	403	1,460	724	378	1,018
<i>O. olivaceous</i> "carachi enano o gringo"	160	32	192	505	222	727
<i>O. agasii</i> "carachi gris"	194	250	444	108	119	227
<i>O. luteus</i> "carachi amarillo"	375	121	496	17	36	53
<i>O. pentlandii</i> "boga"	8	—	8	8	66	74
<i>O. albus</i> "carachi"	1	—	1	2	1	3
<i>Salmo gairdneri</i> "trucha"	6	3	9	12	6	18
<i>Trichomycterus</i> sp. "mauri"	3	3	6	3	1	4

a ispi no incluido.

5.2 Diferencias espaciales en abundancia.

Hubo marcadas diferencias en la abundancia de especies de peces en los sitios de muestreo en el agua negra y los del agua limpia. En la época seca tres de las especies nativas de *Orestias* (*O. ispi*, *O. luteus*, y *O. olivaceous*) se amallaron más frecuentemente en la red agallera en el Area B que en el Area A1 (Fig. 4). Una especie *O. agasii*, tuvo una CPUE semejante con red agallera en ambos sitios, mientras que el pejerrey *B. bonariensis* fue pescado más frecuentemente con redes agalleras colocadas en el Area A1. Durante la época lluviosa (Fig. 4) *O. luteus* aumentó en abundancia en el Area A1 y tuvo una CPUE parecida en el Area A1 y el Area B en esta época. Como en la época seca, *O. ispi* y *O. olivaceous* se reportaron más frecuentemente en los muestreos del Area B. Los valores de CPUE para *B. bonariensis* fueron más altos en el Area A1, y para *O. agasii* los valores CPUE fueron parecidos en las dos áreas. Se hizo una comparación estadística de la abundancia de peces en las dos áreas por el análisis de varianza de los datos de CPUE con red agallera para la época seca (Tabla 2) y la época de lluvia (Tabla 3). La interacción significativa, área x especies, en los dos grupos de datos, confirma las diferencias espaciales en la abundancia de peces entre las Areas A1 y B.

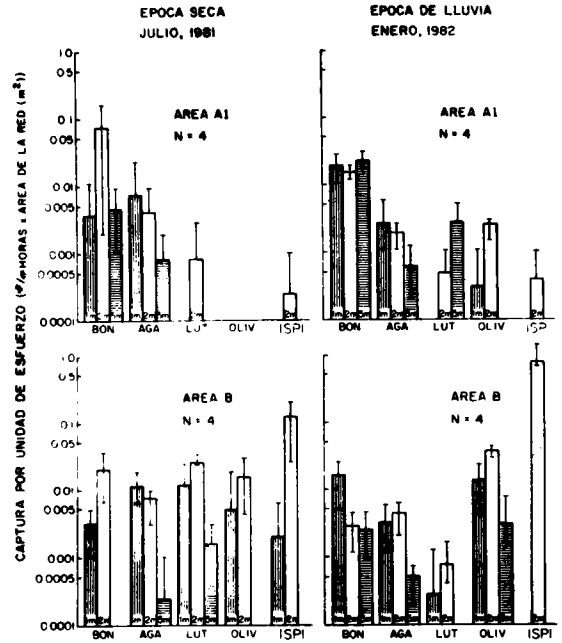


Figura 4. Promedio de captura por unidad de esfuerzo con redes agalleras en areas A1 y B en julio 1981 y enero, 1982. Los histogramas representan 3 profundidades (1m, 2m y 5m) y 5 especies (BON = *Basilichthys bonariensis*, AGA = *Orestias agasii*, LUT = *O. luteus*, OLIV = *O. olivaceous*, ISPI = *O. ispi*). Los segmentos de líneas verticales representan el rango de "N" muestras. Cuando hay segmentos que no se prolongan por debajo indican que una o mas muestras no presentaron capturas. Notar escala logarítmica.

TABLA 2.

ANDEVA (mes de julio) de captura por unidad de esfuerzo con las redes agalleras por área (2), especies (5) y profundidad (3). Datos de captura y esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente y datos transformados a $\sqrt{\frac{\text{captura} + 0.5}{\text{horas} \times \text{área de la red (m}^2\text{)}}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Entre	203,228.4	29			
Area	5,070.0	1	5,070.0	6.94	0.05 > p > 0.01
Especies	42,354.3	4	10,588.6	14.51	p < 0.01
Profundidades	37,196.7	2	18,598.3	25.46	p < 0.01
Area x Esp.	62,733.1	4	15,683.3	21.47	p < 0.01
Area x Prof.	5,328.4	2	2,664.2	3.65	0.05 > p > 0.01
Esp. x Prof.	18,250.1	8	2,281.3	3.12	p < 0.01
Area x Esp. x Prof.	32,295.8	8	4,037.0	5.53	p < 0.01
Dentro (error)	65,738.0	90	730.4		
TOTAL	268,966.4	119			

TABLA 3.

ANDEVA (mes de enero) de captura por unidad de esfuerzo con las redes agalleras por área (2), especies (5) y profundidad (3). Datos de captura y esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente y datos transformados a $\sqrt{\frac{\text{captura} + 0.5}{\text{horas} \times \text{área de la red (m}^2\text{)}}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Entre	2,241.54	29			
Area	32.94	1	32.94	12.27	p < 0.01
Especies	1,094.08	4	273.52	101.92	p < 0.01
Profundidades	201.12	2	100.56	37.47	p < 0.01
Area x Esp.	588.44	4	147.11	54.82	p < 0.01
Area x Prof.	53.47	2	26.74	10.30	p < 0.01
Esp. x Prof.	174.72	8	21.84	8.14	p < 0.01
Area x Esp. x Prof.	96.78	8	12.10	4.51	p < 0.01
Dentro (error)	241.53	90	2.68		
TOTAL	2,483.0	119			

Durante agosto de 1981 y febrero de 1982 se realizaron reconocimientos con redes agalleras en 4 sitios de muestreo: Areas A1, A2 y A3 de la zona de agua negra y Area B de la zona de agua limpia. Tanto en la época seca (Fig. 5) como en la época lluviosa (Fig. 6) la composición de la pesca en las Areas A1, A2 y A3 se diferenciaron del Area B. Hubo mucho más *O. ispi* y *O. olivaceus* en Area B, además de un poco más de *O. luteus*, una cantidad similar de *O. agasii* y menos de *B. bonariensis* en por lo menos una fecha (Fig. 6). Las diferencias estadísticas entre áreas, medidas por el factor de interacción, área x especie, en el análisis de varianza,

fueron no significativas en la época seca (Tabla 4) pero muy significativas durante la época de lluvia (Tabla 5). La última diferencia fue relacionada al alto número de *O. ispi* pescados en Area B (Fig. 6).

TABLA 4. ANDEVA (mes de agosto) de captura por unidad de esfuerzo con las redes agalleras por área (4), especies (5) y profundidad (3), Datos de captura y esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente y datos transformados a $\sqrt{\frac{\text{captura} + 0.5}{\text{horas} \times \text{área de la red (m}^2\text{)}}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Entre	1,129.23	59			
Area	62.46	3	20.82	2.22	N.S.a
Especies	412.24	4	103.06	11.00	p<0.01
Profundidades	149.36	2	74.68	7.97	p<0.01
Area x Esp.	209.86	12	17.49	1.87	N. S.
Area x Prof.	59.41	6	9.90	1.06	N. S.
Esp. x Prof.	130.40	8	16.30	1.74	N. S.
Area x Esp. x Prof.	105.50	24	4.40	0.47	N. S.
Dentro (error)	562.00	60	9.37		
TOTAL	1,691.23	119			

a No es significativo

TABLA 5. ANDEVA (mes de febrero) de captura por unidad de esfuerzo con las redes agalleras por área (4), especies (5) y profundidad (3). Datos de captura y esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente y datos transformados a $\sqrt{\frac{\text{captura} + 0.5}{\text{horas} \times \text{área de la red (m}^2\text{)}}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Entre	1,649.88	59			
Area	354.87	3	118.29	16.72	p<0.01
Especies	156.33	4	39.08	5.52	p<0.01
Profundidades	103.36	2	51.68	7.30	p<0.01
Area x Esp.	658.23	12	54.85	7.75	p<0.01
Area x Prof.	155.22	6	25.87	3.66	p<0.01
Esp. x Prof.	82.19	8	10.27	1.45	N. S. a
Area x Esp x Prof.	139.68	24	5.82	0.82	N. S.
Dentro (error)	424.52	60	7.08		
TOTAL	2,074.40	119			

Las diferencias espaciales en la abundancia de peces de una área a otra también se reflejaron en los resultados de la pesca con red de arrastre (Fig. 7). *O. ispi* y *O. olivaceus* fueron más abundantes en pescas con redes de arrastre en el Area B que en las Areas A1 y A3, tanto en la época seca como en la época lluviosa. *O. luteus* y *O. agasii* existían en abundancia similar en los tres sitios en la época lluviosa, pero en menor número en el Area A1 durante la época seca. La pesca reducida en el Area A1 en la época seca puede deberse a las dificultades en el recobro de la red de arrastre en el

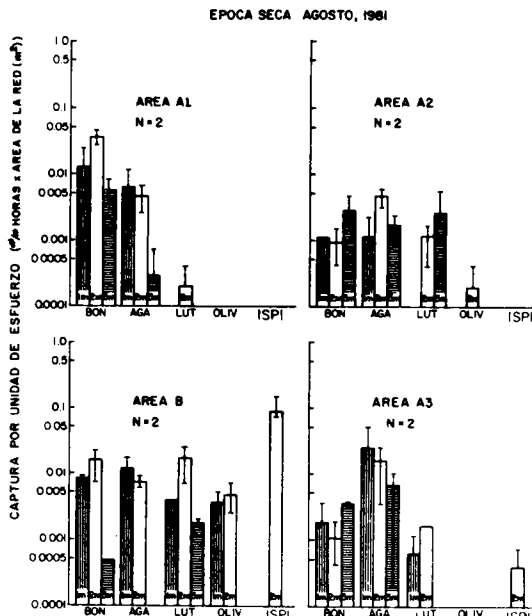


FIGURA 5. Promedio de captura por unidad de esfuerzo con redes agalleras en áreas A1, A2, B y A3 en agosto, 1981. Los histogramas representan 3 profundidades (1m., 2m. y 5m.) y 5 especies (BON = *Basilichthys bonariensis*, AGA = *Orestias agasii*, LUT = *O. luteus*, OLIV = *O. olivaceus*, ISPI = *O. ispi*). Los segmentos de líneas verticales representan el rango de "N" muestras. Cuando hay segmentos que no se prolongan por debajo quiere decir que una o más muestras no presentaron capturas.

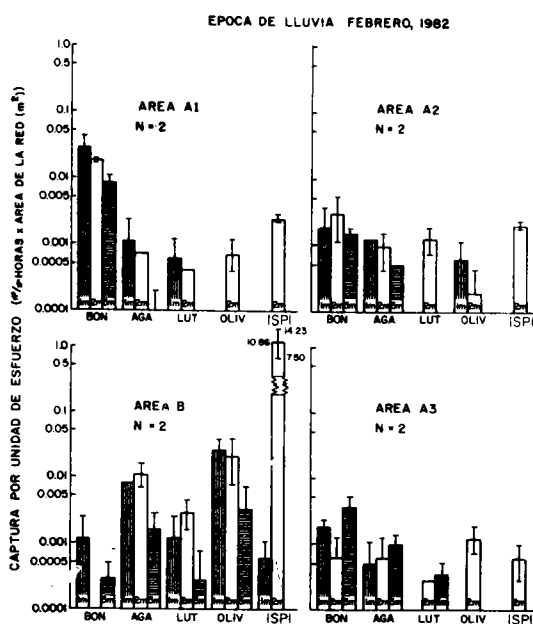


FIGURA 6. Promedio de captura por unidad de esfuerzo con redes agalleras en áreas A1, A2, B y A3 en febrero, 1982. Los histogramas representan 3 profundidades (1m., 2m. y 5m.) y 5 especies (BON = *Basilichthys bonariensis*, AGA = *Orestias agasii*, LUT = *O. luteus*, OLIV = *O. olivaceus*, ISPI = *O. ispi*). Los segmentos de líneas verticales representan el rango de "N" muestras. Cuando hay segmentos que no se prolongan por debajo quiere decir que una o más muestras no presentaron capturas.

PESCA EXPERIMENTAL EN AGUAS NEGRAS Y LIMPIAS DEL LITORAL DE LA BAHIA DE PUNO, LAGO TITICACA, PERU

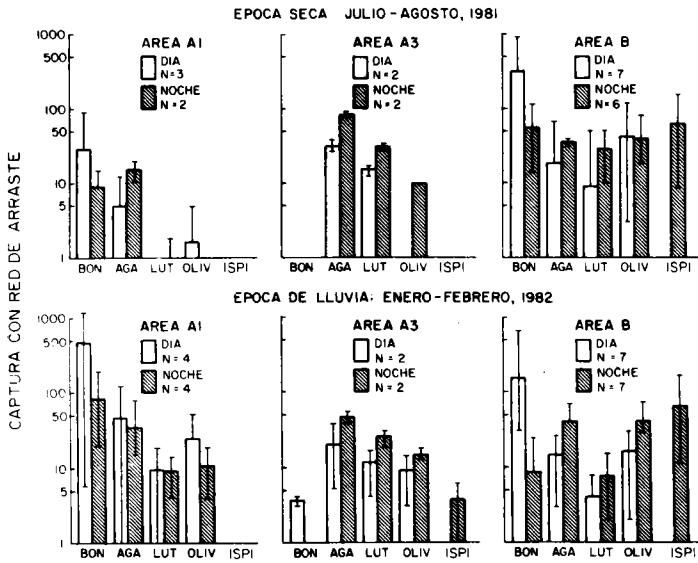


Figura 7. Promedio de captura por unidad de esfuerzo con el chinchorro en áreas A1, A3 y B en julio-agosto, 1981 y enero-febrero, 1982. Los histogramas representan 2 tiempos de muestreo (día y noche) y 5 especies (BON = *Basilichthys bonariensis*, AGA = *Orestias agasil*, LUT = *O. luteus*, OLIV = *O. olivaceous*, ISPI = *O. ispi*). Los segmentos de líneas verticales representan el rango de "N" muestras. Los segmentos que no se prolongan por debajo quiere decir que una o mas muestras no presentaron capturas.

TABLA 6. ANDEVA (julio y agosto, 1981) de captura por arrastre del chinchorro por área (3), especies (5) y tiempo (2). Datos transformados a $\sqrt{\text{promedio de captura} + 0.5}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Area	111.43	2	55.72	9.44	p<0.01
Especies	62.07	4	15.52	2.63	N. S. ^a
Tiempo	1.31	1	1.31	0.22	N. S.
Area x Esp.	121.48	8	15.18	2.57	N. S.
Area x Tiempo	3.97	2	1.99	0.34	N. S.
Esp. x Tiempo	44.93	4	11.23	1.90	N. S.
Area x Esp. x Tiempo (error)	47.19	8	5.90		
TOTAL	392.38	29			

a No es significativo.

TABLA 7. ANDEVA (enero y febrero, 1982) de captura por arrastre del chinchorro por área (3), especies (5) y tiempo (2). Datos transformados a $\sqrt{\text{promedio de captura} + 0.5}$

Origen	Sumas Cuadrados	G.1.	Cuadro Medio	F	Prob.
Area	42.14	2	21.07	3.46	N. S. ^a
Especies	158.31	4	39.58	6.50	0.05>p>0.01
Tiempo	3.88	1	3.88	0.64	N. S.
Area x Esp.	177.98	8	22.25	3.65	0.05>p>0.01
Area x Tiempo	22.70	2	11.35	1.86	N. S.
Esp. x Tiempo	134.48	4	33.62	5.52	0.05>p>0.01
Area x Esp. x Tiempo (error)	48.70	8	6.09		
TOTAL	588.20	29			

a No es significativo.

fondo de barro blando. Durante la época de lluvia se realizó la pesca con la red de arrastre en un sitio con fondo duro en el Area A1 y se obtuvieron mejores capturas (Fig. 7). Las interacciones, área x especies, resultaron no significativas en la época seca (Tabla 6) y de un valor marginal en la época lluviosa (Tabla 7).

5.3 Diferencias estacionales en abundancia.

Se diseñó el muestreo con red agallera durante la época seca y la época de lluvia, para que el esfuerzo de muestreo en los dos períodos de pesca fuera similar. Las horas de colocación de redes agalleras (Fig. 3), tanto como la secuencia de pesca en los diferentes sitios de estudio se repitieron paralelamente. Dada la equivalencia en el esfuerzo de muestreo en los dos períodos, los cambios en la pesca total (Tabla 1) reflejan cambios estacionales en la abundancia de la población de peces litorales de la bahía interior de Puno.

Hubo un aumento notable en el número de *O. ispi* durante la época lluviosa en relación a la época seca. Mientras que las capturas de *O. olivaceous* fueron cuatro veces más altas durante la época de lluvia, tanto *O. agasil* como *O. luteus* resultaron más abundantes en las muestras tomadas en la época seca (Tabla 1). *B. bonariensis* se manifestó un poco más abundante en las muestras tomadas durante la época seca.

5.4 Distribución de peces en la zona litoral.

Comparando los datos de CPUE con redes agalleras de 1, 2, y 5 m. (Fig. 4) se evaluó la distribución horizontal de peces litorales en la bahía interior de Puno. Como sólo las redes de 2 m. tenían paños de malla fina de 12 mm. y 19 mm, se realizaron ANDEVAS sobre los datos de CPUE para tamaños de malla de 25-101 mm para evitar la introducción de un prejuicio en el análisis debido a la selectividad de la malla de la red agallera.

Durante la época seca la mayoría de las capturas de peces ocurrió en las redes agalleras poco profundas (1 m y 2 m) (Fig. 4). La mayoría de las *Orestias* también se encontraron en muestras de poca profundidad en la época lluviosa, lo que indica una fuerte orientación de este grupo hacia la orilla durante los dos períodos de muestreo (Fig. 4). Sin embargo en la época lluviosa la distribución horizontal de *B. bonariensis* cambió y se obtuvo gran número de ejemplares en las muestras a 5 m como en las de 1 m y 2 m.

Se notaron claras diferencias en la distribución vertical de *B. bonariensis* en los sitios de muestreo en el agua negra y el agua limpia, tanto en la época seca (Tabla 8) como en la época lluviosa (Tabla 9). En los dos períodos, la proporción de pescados capturados en la mitad superior de las redes agalleras de 2 m y de 5 m fue mayor en los sitios de agua negra (Areas A1, A2 y A3) que en el sitio de agua limpia (Area B). Los resultados sugieren que, en general, los pejerreyes de la zona de agua negra ocupan una parte superior de la columna de agua, comparados con los pejerreyes en la zona de agua limpia.

TABLA 8. Distribución vertical de *B. bonariensis* en las redes agalleras en diferentes áreas en la época seca.

Area	Posición		TOTALES	% arriba
	arriba	abajo		
A1	728	292	1020	71.4
B	118	196	314	37.6
A2	26	3	29	89.7
A3	25	10	35	71.4
TOTALES	897	501	1398	64.2

G = 125.92 con 3 g. l.

$\chi^2 = 11.34$
(0.01 con 3 g. l.)

hipótesis nula rechazada

TABLA 9. Distribución vertical de *B. bonariensis* en las redes agalleras en diferentes áreas en la época de lluvia.

Area	Posición		TOTALES	% arriba
	arriba	abajo		
A1	508	190	698	72.8
B	54	27	81	66.7
A2	23	7	30	76.7
A3	28	7	35	80.0
TOTALES	613	231	884	72.6

G = 69.33 con 3 g. l.

$\chi^2 = 11.34$
(0.01 con 3 g. l.)

hipótesis nula rechazada

TABLA 10. Distribución vertical de *O. agasii* en las redes agalleras en diferentes áreas en la época seca.

Area	Posición		TOTALES	% arriba
	arriba	abajo		
A1	11	69	80	13.8
B	9	111	120	7.5
A2	4	35	39	10.3
A3	—	81	81	—
TOTALES	24	296	320	7.5

G = 16.72 con 3 g. l.

$\chi^2 = 11.34$
(0.01 con 3 g. l.)

hipótesis nula rechazada

TABLA 11. Distribución vertical de *O. agasii* en las redes agalleras en diferentes áreas en la época de lluvia.

Area	Posición		TOTALES	% arriba
	arriba	abajo		
A1	11	25	36	30.5
B	35	94	129	27.1
A2	4	6	10	40.0
A3	4	9	13	30.8
TOTALES	54	134	188	28.8

G = 0.80 con 3 g. l.

$\chi^2 = 7.815$
(0.05 con 3 g. l.)

hipótesis nula aceptada

Cuando se hizo una comparación de la posición vertical de *O. agasii* entre los cuatro sitios de muestreo, se encontraron diferencias estadísticas significativas dentro de los sitios de agua negra (Tabla 10) o no fueron estadísticamente significativas (Tabla 11).

5.5 Características del tamaño del pez.

Por medio de comparaciones entre las curvas de la selectividad de las redes agalleras, se hizo una evaluación de la diferencia en tamaño relativo de los peces litorales de la bahía interior de Puno en la época seca y la época lluviosa. Cuando se juntaron las muestras de diferentes áreas, las curvas de selectividad resultantes (Fig. 8) indicaron cambios estacionales en la distribución del tamaño del pez.

En la época de lluvia las cinco especies dominantes fueron capturadas en mallas de un tamaño más grande que durante la época seca. Esta diferencia significa un aumento en el tamaño medio de estas poblaciones entre la época seca y la época de lluvia. En tres casos (*B. bonariensis*, *O. luteus* y *O. olivaceus*) el máximo en la curva de selectividad de la red agallera fue trasladado un tama-

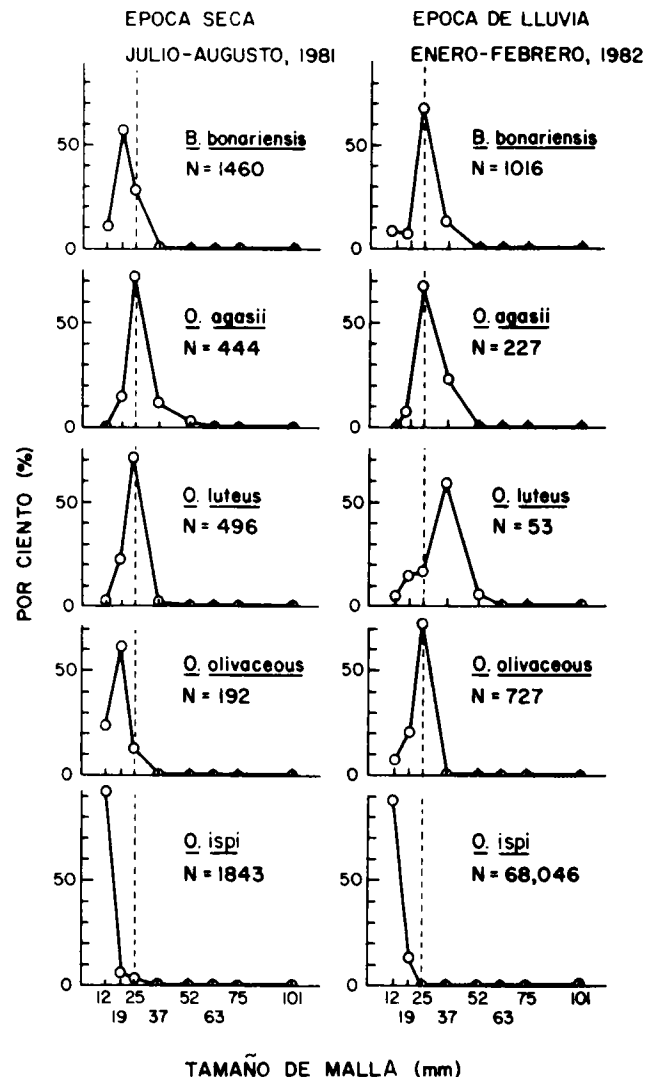


FIGURA 8. Curvas de selectividad de las redes agalleras para 5 especies de peces en julio-agosto, 1981 y enero-febrero, 1982.

ño de malla a la derecha. En el caso de *O. agasii* y *O. ispi*, el máximo en las curvas de selectividad para la red agallera ocurrió en el mismo tamaño de malla para ambas estaciones. Sin embargo la proporción de peces capturados en tamaños de malla relativamente más grandes (37 mm para *O. agasii* y 19 mm para *O. ispi*) fue mayor en la época de lluvia (Fig. 8), lo que indica un leve aumento en el tamaño medio entre la época seca y la época lluviosa.

Las curvas de selectividad de la red agallera para *B. bonariensis* en las Areas A1 y B indicaron que los peces eran más grandes en la zona de agua negra en la época seca, que en la zona de agua limpia (Fig. 9). Una prueba-G (Sokal y Rohlf, 1981) confirmó una frecuencia estadísticamente más alta de pejerrey en la malla de 25 mm en el Area A1 (Tabla 12). En la época de lluvia un gran número de reclutas chicos fueron pescados en la malla de 12 mm en el Area A1, y por término medio, los peces del Area B fueron más grandes que los del Area A1 (Tabla 13).

Durante julio de 1981, el tamaño medio más grande de *B. bonariensis* en la zona de agua negra fue confirmado independientemente por medida y comparación de especímenes de las jaladas con redes de arrastre (Tabla 14). El 20 de julio de 1981, la longitud media de horquilla de *B. bonariensis* de las Areas A1 y B fue de 91 mm. y 75 mm., respectivamente. Muchos de los peces muestreados en el Area B estaban en malas condiciones (Fig. 10B) y tenían baja relación de peso - longitud (Tabla 14). A medida que crecían los peces y aumentaban en tamaño, la relación peso medio-longitud media aumentó de 0.037 hasta 0.050 durante el período del 20 de julio hasta el 3 de agosto, indicando una reducción en la frecuencia de individuos en mala condición por razones de mortalidad, de emigración o de crecimiento.

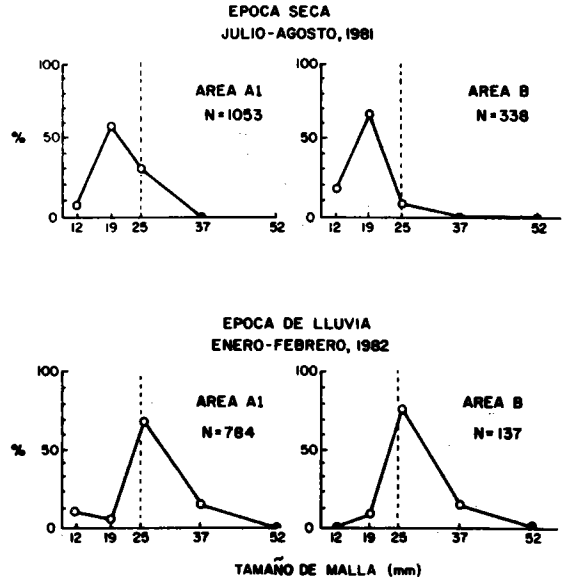


Figura 9. Frecuencia de *B. bonariensis* en mallas finas de las redes agalleras en áreas A1 y B en julio-agosto, 1981 y enero-febrero, 1982.

TABLA 12. Frecuencia de *B. bonariensis* en mallas finas de las redes agalleras en julio-agosto de 1981.

Lugar de muestreo	Tamaño de malla (mm)			TOTAL LES	% en malla de 25 mm
	12	19	25		
Area A1	88	605	334	1027	32,5
Area B	69	233	32	334	9,6
TOTALES	157	838	366	1366	

G = 93.68 con 2 g. 1
 $X^2 = 9.21$
 (0.01 con 2 g. 1)
 hipótesis nula rechazada

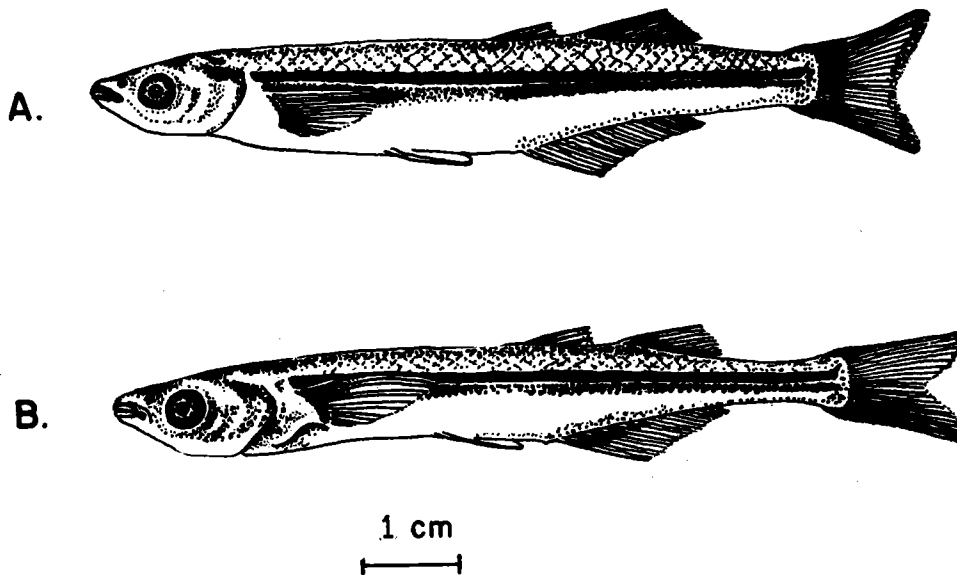


FIGURA 10. Diagrama que representa el rango de la condición de *B. bonariensis* en la Bahía de Puno observado en julio-agosto de 1981. Dos ejemplos de pejerrey en buena (a) y mala (b) condición.

TABLA 13. Frecuencia de *B. bonariensis* en mallas finas de las redes agalleras en enero-febrero de 1982.

Lugar de muestreo	Tamaño de malla (mm)			TOTALES	% en malla de 25 mm
	12	19	25		
Area A1	80	42	539	661	81.5
Area B	1	11	103	115	89.6
TOTALES	81	53	642	766	

G = 20.8 con 2 g. 1.
 χ^2 (0.01 con 2 g. 1.) = 9.21
 hipótesis nula rechazada

5.6 Movimientos de los peces.

Las poblaciones litorales de peces efectuaron movimientos horizontales diurnos, como se indica por las diferencias en los resultados de la pesca con red de arrastre de día con aquellas de noche (Fig. 7). Todas las especies de *Orestias* fueron más abundantes en las muestras tomadas de noche que en las muestras de día. En contraste a este patrón, la frecuencia de *B. bonariensis* en jaladas con la red de arrastre, fue mayor durante el día que durante la noche. Una interacción estadísticamente significativa, área x tiempo para datos de la época de lluvia (Tabla 7), confirmó este patrón. Un análisis de varianza de los datos con red de arrastre para la época seca mostró una interacción, especies x tiempo no significativa (Tabla 6). La falta de significación estadística posiblemente se relacione con las dificultades de las jaladas con red de arrastre anteriormente mencionadas en Area A1.

6.- DISCUSION

6.1 Utilización por peces de la zona litoral.

La presencia temporal y la utilización de la zona litoral por los peces de la bahía interior de Puno, fueron definidas por estimaciones de la abundancia relativa en la época seca y la época de lluvia y también por diferencias de tamaño de los peces en los dos períodos. Para *O. luteus*, *O. agasii* y *B. bonariensis*, las poblaciones de peces disminuyeron en abundancia de la época seca hasta la época lluviosa, mientras que al mismo tiempo, el tamaño medio del pez aumentó (Fig. 8). Estas observaciones están de acuerdo con el crecimiento y la mortalidad (o la emigración) simultánea de una población mientras que reside en la zona litoral. Para *O. olivaceus* hubo un aumento en abundancia de la época seca a la época de lluvia, al mismo tiempo que hubo un aumento en tamaño medio (Fig. 8). Antes de su aparición en los sitios de muestreo en la zona litoral, es evidente que *O. olivaceus* emigró a esa parte desde áreas circundantes entre agosto 1981 y enero 1982.

En contraste a otras especies que viven por un período amplio en la zona litoral, parece que *O. ispi* transita y probablemente emigra hasta la zona litoral, para desovar principalmente en la época de lluvia. Evidentemente los peces estaban en condición para el desove y la mayoría de las hembras estaban grávidas o recién agotadas. Aunque se pescaron algunas *O. ispi* grávidas en la época seca, lo que posiblemente indique un bajo nivel de desove para estos peces durante todo el año, los resultados de pesca dieron una evidencia clara de un desove concentrado por *O. ispi* en el litoral de la bahía interior de Puno durante la época de lluvia.

TABLA 14. Comparación del promedio de los tamaños de *B. bonariensis* en las áreas A1 y B obtenidos con el chinchorro en julio-agosto de 1981.

	Area A1	Area B
20 de julio		
N	86	500
longitud (mm) \pm D.E.	91 \pm 11	75 \pm 17
peso (g) \pm D.E.	4.5 \pm 2.1	3.1 \pm 2.3
peso/long (g/mm) \pm D.E.	0.048 \pm 0.015	0.037 \pm 0.018
peso - long regresión	log PESO = 3.14 log LONG - 5.526	log PESO = 3.10 log LONG - 5.400
27 de julio		
N	no hubo muestra	24
longitud (mm) \pm D.E.		78 \pm 11
peso (g) \pm D.E.		3.1 \pm 1.9
peso/long. (g/mm.) \pm D.E.		0.037 \pm 0.015
peso - long. regresión		Log PESO = 3.51 log LONG - 6.194
3 de agosto		
N	no hubo muestra	500
longitud (mm.) \pm D.E.		89 \pm 10
peso (g) \pm D.E.		4.6 \pm 1.7
peso/long (g/mm) \pm D.E.		0.050 \pm 0.013
peso - long. regresión		log. PESO = 3.37 log LONG - 5.748

Las curvas de selectividad para las redes agalleras (Fig. 8) también indicaron que sólo un grupo de edades existía a lo largo de la zona de la orilla de la bahía interior de Puno (en el momento de muestreo), tanto en la época seca como en la época de lluvia. Es evidente que las especies que viven cerca de la orilla están presentes allí solamente durante una parte de su ciclo vital, habiendo entrado al área como juveniles y emigrado como adultos. Durante la pesca experimental, se capturaron pocos juveniles (< 30 mm) en la red de arrastre de malla fina. Se observaron peces juveniles en áreas vecinas con alto crecimiento de macrófitas y perífiton. En los tiempos de muestreo, los adultos de *O. agasii* y *O. luteus* que se vendían en el mercado de Puno (al parecer, pescados dentro de los macizos de totora) eran más grandes que los que se obtenían en las muestras de pesca de prueba. Aunque no se han identificado definitivamente las áreas de desove y los lugares de desarrollo larval, es probable que los macizos de totora vecinos sirvan en esta función.

El pejerrey, *B. bonariensis*, que inmigró al Lago Titicaca desde el Lago Poopo en 1956 o 1957 (Wurtsbaugh, 1974), ha tenido mucho éxito en su población de la zona litoral de la bahía interior de Puno y probablemente en alguna otra parte del lago. Los sub-adultos de *B. bonariensis* son miembros predominantes de la comunidad de peces litorales. En términos de su producción global por unidad de área del habitat litoral, es probable que *B. bonariensis* supere a todas las especies nativas de *Orestias*. Un mecanismo que puede haber contribuido a esta invasión exitosa en la separación temporal de *B. bonariensis* y *Orestias* en el litoral, lo que ocurre de manera diurna. La explotación de la zona próxima a la orilla por *B. bonariensis*, mayormente durante las horas del día, y por *Orestias* mayormente de noche, probablemente minimice las interacciones competitivas entre estos dos grupos. Sin embargo, como se obtuvieron números más altos de *B. bonariensis* en las jaladas de noche con red de arrastre que en las pescas de día en los sitios de muestreo del Lago Grande (Wurtsbaugh, 1974), es necesario hacer más muestreos intensivos para confirmar si *Orestias* y *B. bonariensis* están verdaderamente separados temporalmente de una manera diurna.

6.2 Efectos de la contaminación del agua

Las poblaciones litorales de peces mostraron diferentes reacciones a las condiciones de calidad del agua polucionada dentro de la bahía interior de Puno. Una especie, *B. bonariensis*, fue más abundante en la zona de agua negra y allí se encontraron individuos más grandes y en densidades más numerosas que en la región cercana de agua limpia. Una segunda especie, *O. agasii*, indicó una reacción neutral a las condiciones de la calidad del agua, con densidades iguales de peces en el agua negra y el agua limpia. Tres especies, *O. ispi*, *O. olivaceus* y *O. luteus*, existían en números muy reducidos en la zona de agua negra. En el caso de estas últimas dos especies, es probable que la diferencia fuera una reacción negativa de las poblaciones a la mala condición del agua. Aunque *O. ispi* experimente una mortalidad más alta y una supervivencia reducida de ovas en la zona de

agua negra, es posible que existan en menos abundancia en el agua negra debido a la presencia de los macizos de totora (Fig. 1). Los macizos de totora pueden haber estorbado la inmigración de los adultos de la zona pelágica del lago a la zona de agua negra.

La presencia de *O. agasii* en densidades similares en los sitios de agua negra y de agua limpia, sugiere que esta especie de *Orestias* tolera la contaminación y que es capaz de resistir las malas condiciones de la calidad de agua en la zona de agua negra. Aparentemente, otras dos especies, *O. luteus* y *O. olivaceus*, son sensibles a la polución mostrando una disminución marcada, en abundancia, en la zona de agua negra, donde las condiciones de la calidad del agua son malas especialmente durante la época seca.

Los efectos severos de la mala calidad del agua sobre las poblaciones de *O. luteus* y *O. olivaceus* de la bahía interior de Puno fueron mayores en la época seca que en la época de lluvia. Durante la época lluviosa, la magnitud de las diferencias en la población de *O. luteus* y *O. olivaceus* de área a área, fue menor que en la época seca (Fig. 4). El aumento del escurrimiento por la lluvia, durante la época lluviosa, diluyó los afluentes de aguas residuales ingresantes a la bahía interior de Puno, lo que posiblemente resulte en la mejora en las condiciones de la calidad del agua para estas dos especies, en relación a la época de sequía.

Dentro de la zona de agua negra, parecen ser mayores los efectos de la calidad del agua durante la época seca en el Area A1, adyacente a la alcantarilla que descarga el mayor volumen de la ciudad de Puno, que en las Areas A2 y A3 (Fig. 5). Los resultados de la pesca con redes agalleras indican que en el Area A1 hay mayores diferencias en población de *B. bonariensis*, *O. luteus* y *O. olivaceus* (comparada con el Area B). Estas observaciones demuestran que los efectos de las condiciones eutróficas sobre las poblaciones de peces de la bahía de Puno son más severos en la vecindad inmediata a las alcantarillas de descarga. En la época lluviosa (Fig. 6) las diferencias de CPUE para redes agalleras resultaron notables para *B. bonariensis*, pero de menor importancia para *O. luteus* y *O. olivaceus*.

Además de realzar el crecimiento y la abundancia de *B. bonariensis*, las condiciones de la calidad de agua negra ocasionaron un cambio en la distribución vertical de los peces en la columna de agua. La aparición más frecuente de *B. bonariensis* en la parte superior de la columna de agua en el agua negra, comparada con el agua limpia (especialmente en la época seca - Tabla 8), puede haber sido una reacción para evadir a las malas condiciones del habitat (Morales, en preparación), y un movimiento de la población para alejarse de los sedimentos contaminados del fondo y sus aguas sobreyacentes. Por otra parte, es posible que los peces hayan cambiado su distribución vertical como una reacción de alimentación sobre las poblaciones enriquecidas de zooplancton (Muñiz, en preparación) o poblaciones disminuidas de invertebrados del bentos (Chalco, en preparación; Medina, en preparación). Wurtsbaugh, en comunicación personal, sugiere que los pejerreyes de la zona de agua

negra se trasladan a la parte superior de la columna de agua debido a condiciones de luz inadecuadas para su alimentación en aguas más profundas.

Aunque la fase actual de eutroficación y contaminación por aguas residuales ha causado un efecto positivo sobre los pejerreyes dentro de la zona de agua negra, esto no significa que el aumento del crecimiento y de la abundancia del pejerrey continuará indefinidamente. Las experiencias en otros lugares (por ejemplo, Leach et al., 1977) sugieren que con el tiempo, al incrementarse la eutroficación, los efectos negativos en las poblaciones de peces anulan los efectos positivos iniciales.

Dentro de la bahía de Puno, los impactos de la eutroficación sobre las poblaciones de peces, pueden afectar a seres humanos en dos maneras por lo menos. Primero, las extracciones de poblaciones de pejerrey de la zona de agua negra (que constituyen un importante recurso de alimento local y abastecen el mercado) tienen lugar en un ambiente con un nivel enormemente alto de coliformes fecales (Escobedo, en preparación). El consumo de estos peces originarios de áreas contaminadas, puede someter a los consumidores a riesgos de salud muy serios. En segundo lugar, los cambios en la composición de especies y la variación en la abundancia de especies nativas de *Orestias*, pueden tener consecuencias severas para la pesquería de autoconsumo de los Uros (asentamiento humano entre los macizos de totora de la bahía de Puno).

6.3 El futuro desarrollo de la pesquería en la zona litoral.

La gran abundancia de ispi que se observó en la vecindad de Ojerani (Area B), brinda posibilidades obvias para el desarrollo de recursos pesqueros dentro de la bahía de Puno. La pesca nocturna con redes agalleras de malla

fina (12 mm) en la zona litoral, podría constituirse en un método de explotación de recursos desarrollado en gran parte en la zona pelágica del Lago Titicaca. Se podrían utilizar fácilmente las redes desde balsas nativas en aguas de poca profundidad (2 m) y así incrementar la actual pesquería nativa de subsistencia. En condiciones favorables para la pesca en tiempos de máximo desove, utilizando una red agallera 2 m x 10 m de malla fina, cada pescador podría obtener altas capturas de ispi en pescas nocturnas.

En la vecindad del Lago Titicaca, los habitantes locales consumen ispi fresco, especie que es igualmente secada y vendida para el consumo humano en los mercados del Departamento de Puno y otras ciudades tan lejanas como Pisac en el Departamento de Cuzco.

Obviamente antes de cualquier desarrollo futuro de las pesquerías del ispi sería deseable definir la distribución, la abundancia, la composición de especies, y el momento del desove, en gran escala, en las áreas litorales del Lago Titicaca, por medio de un programa de pesca experimental con redes. Se requiere esta información para desarrollar las estrategias para la captura prolongada del recurso ispi y así evitar problemas futuros de sobrepesca. En segundo lugar, la información sería útil para reajustar las estimaciones del rendimiento potencial de las pesquerías del Lago Titicaca; pues si la producción del ispi está limitada por la disponibilidad de sitios para el desove, entonces la extensión del habitat adecuado para su desove en la zona litoral, bien puede restringir el rendimiento potencial pesquero del lago. Esta "hipótesis de limitación de habitat para el desove", implica que el reclutamiento de larvas de ispi de la zona litoral es más importante, para fijar el límite superior de la producción de peces pelágicos en el Lago Titicaca, que la cantidad de carbono producido en la zona pelágica.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGASSIZ, A and S.W. GARMAN. 1876. Exploration of Lake Titicaca. Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. 3:273-278, 349-359, 361-375.
- ALFARO, R., E. BUSTAMANTE, J. TORRES, H. TREVIÑO and W. WURTSBAUGH. 1982. La pesquería en el Lago Titicaca (Perú): presente y futuro. G. Hanek (ed.). FI: DP/PER/76/022. FAO, Rome. 58 p.
- ANDERSSON, G., H. BERGGREN and S. HAMRIN. 1975. Lake Trummen restoration project III. Zooplankton, macrobenthos and fish. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19:1097-1106.
- ANONYMOUS. 1982. Physical, chemical and biological conditions relating to water quality in Puno Bay, Lake Titicaca. Seminar abstracts. Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú. 29 p.
- BARBOUR, C.D. and J.H. BROWN. 1974. Fish species diversity in lakes. Amer. Natur., 108:473-489
- BEETON, A.M. and W.T. EDMONDSON. 1972. The eutrophication problem. J. Fish. Res. Bd. Canada 29:673-682.
- BJORK, S. 1972 Swedish lake restoration program gest results. Ambio 1:153-165.
- BJORK, S. 1975. The Lago do Paranoa restoration project. UNDP-WHO, BRA-2040.
- BJORK, S. 1978 Restoration of degraded lake ecosystems Inst. of Limnology, Univ. of Lund. 43 p.
- BOULANGE, B. and E. AQUIZE JAEN. 1981 Morphologie, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant. Rev. Hydrobiol. Trop. 14:269-287.
- BUSTAMANTE, E. and H. TREVIÑO 1977. Descripción de las pesquerías en el Lago Titicaca 1976-1977. IMARPE-Puno. 88 p. (En prensa)
- EIGENMANN, C.H. and W.R. ALLEN. 1942. Fishes of Western South America. University of Kentucky. 494 p.
- EVERMANN, B. and L. RADCLIFFE. 1917. The fishes of the west coast of Peru and the Titicaca Basin. Smith. Inst. Nat. Hist. 95: 166 p.
- EVERETT, G. 1971. The rainbow trout of Lake Titicaca and the fisheries of Lake Titicaca. Report to the government of the Republic of Peru. Univ. Nac. del Altiplano, Puno, Peru. 180 p.
- EVERETT, G. 1973. The rainbow trout *Salmo gairdneri* (Rich.) fishery of Lake Titicaca. J. Fish Biol. 5:429-440.
- GILSON, H.C. 1938. The Percy Sladen Expedition to Lake Titicaca, 1937. Geogr. J. 91:533-542.
- GILSON, H.C. 1964. The Lake Titicaca. Verh. Internat. Verein. Limnol. 15:112-127.
- JAMES, M.C. 1936. A report on a survey for fisheries development of Lake Titicaca. U.S. Bureau of Fisheries. 1936:24 p.
- JOHANNESON, K., R. VILCHEZ and D. BERTONE. 1980. Acoustic estimation of ichthyomass and its distribution in Lake Titicaca. FAO/NORWAY Regional Acoustic Research Centre for Latin America, Lima, Peru. 19 p.
- LABA, R. 1979. Fish, peasants and state bureaucracies. The development of Lake Titicaca. Comp Polit. Stud. 12(3): 335-361.
- LAUZANNE, L. 1981. Description de trois *Orestias* nouveaux du Lac Titicaca, *O. ispi* n. sp., *O. forgeti* n. sp. et *O. tchernavini* n. sp. (Pices, Cyprinodontidae). Bull. de la Soc Francaise d' Ichtyologie 5:71-91.
- LARKIN, P.A. and T.G. NORTHCOTE. 1969. Fish as indices of eutrophication. In Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives. National Academy of Sciences, Washington, P. 256-273.
- LEACH, J.H., M.G. JOHNSON, J.R.M. KELSO, J. HARTMANN W. NUMANN and B. ENTZ. 1977. Responses of percid fishes and their habitats to eutrophication. J. Fish. Res. Bd. Can. 34:1964-1971.
- LOWE-McCONNELL, R. H. 1969. Speciation in tropical freshwater fishes, In R.H. Lowe-McConnell (ed.). Speciation in Tropical Environments. Academic. Press. London. p. 51-75.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1975. Fish Communities in Tropical Freshwaters. Longman, London. 337 p.
- MONHEIM, F. 1956. Contribución a la climatología e hidrología de la cuenca del Titicaca. Universidad Técnica del Altiplano. Puno. 232 pp.
- NORTHCOTE, T.G. 1972. Some effects of mysid introduction and nutrient enrichment on a large oligotrophic lake and its salmonids. Verh. Internat. Verein. Limnol. 18:1096-1106.
- NORTHCOTE, T.G. 1973. Eutrophication and recreational fishes in two large lake basins in British Columbia. In: Symposium on the Lakes of Western Canada, E.R. Reinelt, A.H. Laycock and W.M. Schultz (eds.) University of Alberta, Edmonton. p. 175-188.
- NORTHCOTE, T.G. 1979. Investigation and recommendations on the hydrobiological resources of the Lake Titicaca system, Peru. Report to FAO/PER/76/022, 156 p.
- NORTHCOTE, T.G. 1980. Methods and recommendations for fish and limnological sampling in the littoral zone of Lake Titicaca. Report to FAO/PER/76/022,30 p.
- NORTHCOTE, T.G. and H. RUNDBERG. 1970 Spatial distribution of pelagic fishes in Lambarfjarden (Malaren, Sweden) with particular reference to interaction between *Coregonus albula* and *Osmerus eperlanus*. Inst. Freshwater Res. Drottningholm 5:133-167.
- NUMANN, W. 1972. The Bodensee: effects of exploitation and eutrophication on the salmonid community J. Fish. Res. Bd. Canada 29:833-847.
- PIANKA, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity, a review of the concepts. Am. Nat. 100: 33-46.
- RICHERSON, P.J., C. WIDMER and T.KITTEL. 1977. The limnology of Lake Titicaca (Peru-Bolivia), a large high altitude tropical lake. Inst. Ecol. Publ. No. 14, Univ. Calif. Davis 1977:78 p.
- SOKAL, R.R. and F.J. ROHLF. 1981. Biometry. W.H. Freeman. San Francisco. 859 p.
- TCHERNAVIN, V.V. 1944A. A revision of the subfamily *Orestiinae*. Proc. Zool. Soc. London 114: 140-233
- TCHERNAVIN, V.V. 1944B. A revision of some *Trichomycterinae* based on material preserved in the British Museum (Natural History), Proc. Zool. Soc. London 114:234-275.
- VALENCIENNES, A. 1839. Rapport sur quelques Poissons d'Amerique, rapportes par M. Pentland, L. Institut 7:118.
- WURTSBAUGH, W.A. 1974. Biología y pesquería del pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) en el Lago Titicaca. Informe. Dirección de Investigaciones Pesqueras en Aguas Continentales. Inst. del Mar del Perú. 1974:34 p.

APENDICE No. 1: Captura y esfuerzo con redes agalleras; datos de julio (áreas A1 y B; dos réplicas de toda la noche en cada área) y agosto (áreas A1, B, A2 y A3; una réplica de toda la noche en cada área).

	Página
TABLA 1. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a las estaciones.	21
TABLA 2. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo al tamaño de malla.	22
TABLA 3. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (todas las mallas).	22
TABLA 4. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (mallas de 25, 37, 52, 63, 75 y 101 mm. solamente).	23
TABLA 5. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la posición en la red (2 y 5 m profundidad solamente).	23
TABLA 6. Esfuerzo de pesca con redes agalleras: datos de julio y agosto.	24

TABLA 1. Número total* de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a las estaciones.

Especies	Area A1		Area B		Area A2		Area A3	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2
Julio - Rep. no. 1								
<i>B. bonariensis</i>	41	314	60	23				
<i>O. agasii</i>	3	27	29	17				
<i>O. luteus</i>	-	-	71	96				
<i>O. olivaceus</i>	-	1	82	45				
Σ carachi	3	28	184	163				
ispi	-	2	158	74				
TOTAL	45	344	409	260				
Julio - Rep. no. 2								
<i>B. bonariensis</i>	54	387	100	61				
<i>O. agasii</i>	4	40	41	33				
<i>O. luteus</i>	-	7	73	128				
<i>O. olivaceus</i>	-	1	14	17				
Σ carachi	4	49	128	179				
ispi	-	-	565	580				
TOTAL	58	436	784	820				
Agosto								
<i>B. bonariensis</i>	169	88	66	28	9	22	18	20
<i>O. agasii</i>	10	19	28	29	20	21	110	13
<i>O. luteus</i>	1	-	27	76	1	7	4	5
<i>O. olivaceus</i>	-	-	20	10	1	-	-	1
Σ carachi	11	19	75	115	22	28	114	19
ispi	-	-	278	184	-	-	2	-
TOTAL	180	107	420	329	31	50	134	39

* Los números totales incluyen también las especies comparativamente raras (*Orestias pentlandii*, *Orestias albus*, *Salmo gairdneri*, y *Trichomycterus*). Por lo tanto, la cifra TOTAL en las tablas de los apéndices puede ser mayor que Σ carachi + ispi + *B. bonariensis*.

TABLA 4. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (mallas de 25, 37, 52, 63, 75, y 101 mm. solamente).

Especies	Area A1			Area B			Area A2			Area A3														
	Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2														
	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M									
Julio - Rep. no. 1																								
<i>B. bonariensis</i>	1	2	36	3	80	25	3	1	1	4	-	1												
<i>O. agasii</i>	-	1	-	5	9	8	5	14	-	7	7	1												
<i>O. luteus</i>	-	-	-	-	-	-	-	64	-	17	56	13												
<i>O. olivaceus</i>	-	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-												
Σ carachi	-	1	-	5	10	8	8	79	1	25	67	14												
ispi	-	-	-	-	-	-	-	5	-	3	-	-												
TOTAL	1	3	37	8	90	33	14	87	4	32	67	15												
Julio - Rep. no. 2																								
<i>B. bonariensis</i>	-	34	6	9	57	7	1	1	1	3	1	-												
<i>O. agasii</i>	-	-	4	17	14	1	11	26	3	15	9	2												
<i>O. luteus</i>	-	-	-	-	1	-	5	37	-	21	68	14												
<i>O. olivaceus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-												
Σ carachi	-	-	4	7	17	1	16	63	5	37	77	16												
ispi	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	4	1												
TOTAL	-	34	10	26	74	8	18	69	8	45	82	17												
Agosto																								
<i>B. bonariensis</i>	20	26	32	-	8	14	6	1	2	7	1	2	1	3	4	1	1	20	3	1	14	-	5	15
<i>O. agasii</i>	-	7	3	1	11	-	5	22	-	14	11	1	-	8	4	2	7	10	42	60	1	-	7	4
<i>O. luteus</i>	-	1	-	-	-	-	3	-	7	3	38	8	-	1	-	-	1	2	-	4	-	-	1	3
<i>O. olivaceus</i>	-	-	-	-	-	-	2	13	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Σ carachi	-	8	3	1	11	-	10	35	7	21	49	9	-	9	4	2	8	12	42	64	1	1	10	5
ispi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	20	34	35	1	19	14	16	36	10	28	51	13	1	12	8	3	9	32	45	65	15	1	15	20

TABLA 5. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la posición en la red (2 y 5 m. profundidad solamente).

Especies	Area A1		Area B		Area A2		Area A3	
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Julio - Rep. no. 1								
<i>B. bonariensis</i>	271	80	31	45				
<i>O. agasii</i>	1	24	-	34				
<i>O. luteus</i>	-	-	2	148				
<i>O. olivaceus</i>	-	1	7	118				
Σ carachi	1	25	10	304				
ispi	-	2	38	191				
TOTAL	272	108	80	543				
Julio - Rep. no. 2								
<i>B. bonariensis</i>	290	142	57	100				
<i>O. agasii</i>	5	22	6	42				
<i>O. luteus</i>	3	4	18	157				
<i>O. olivaceus</i>	-	1	6	25				
Σ carachi	8	28	30	224				
ispi	-	-	111	1029				
TOTAL	298	170	198	1353				
Agosto								
<i>B. bonariensis</i>	167	70	30	51	26	3	25	10
<i>O. agasii</i>	5	23	3	35	4	35	-	81
<i>O. luteus</i>	-	1	7	90	4	4	1	7
<i>O. olivaceus</i>	-	-	4	20	-	1	1	-
Σ carachi	5	24	14	145	8	40	2	88
ispi	-	-	125	337	-	-	1	1
TOTAL	172	94	170	535	34	43	28	99

TABLA 6. Esfuerzo de pesca con redes agalleras: datos de julio y agosto.

	Area A1						Area B						Area A2						Area A3					
	Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2		
	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M
Periodo de tiempo (horas)																								
Julio no. 1	12.90	12.82	13.87	12.88	12.87	12.70	14.42	14.42	14.42	14.42	14.42	14.50												
Julio no. 2	12.83	13.20	13.95	13.13	12.82	15.68	14.75	14.70	14.73	14.70	14.67	14.70												
Agosto	13.98	13.92	13.95	13.95	13.97	13.97	13.63	13.67	13.65	13.57	13.67	13.65	15.00	14.90	14.75	15.00	14.80	14.70	14.07	14.10	14.38	14.07	14.07	13.90
Area de la red (m2.)																								
Todos las mallas	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300
mallas 25-101mm solamente	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300
Esfuerzo con todas las mallas (horas. m ²)																								
Julio no. 1	774	2487	4161	773	2497	3810	865	2797	4326	865	2797	4350												
Julio no. 2	770	2561	4185	788	2487	4704	885	2852	4419	882	2846	4410												
Agosto	839	2700	4185	837	2710	4191	818	2652	4095	814	2652	4095	900	2891	4425	900	2871	4410	844	2735	4314	844	2730	4170
Esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente (horas. m ²)																								
Julio no. 1	774	1538	4161	773	1544	3810	865	1730	4326	865	1730	4350												
Julio no. 2	770	1584	4185	788	1538	4704	885	1764	4419	882	1760	4410												
Agosto	839	1670	4185	837	1676	4191	818	1640	4095	814	1640	4095	900	1788	4425	900	1776	4410	844	1692	4314	844	1688	4170

APENDICE No. 2: Captura y esfuerzo con redes agalleras; datos de enero (área A1 y B; dos réplicas de toda la noche en cada área) y febrero (áreas A1, B, A2 y A3; una réplica de toda la noche en cada área).

TABLA 1.	Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a las estaciones.	Página 25
TABLA 2.	Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo al tamaño de malla.	25
TABLA 3.	Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (toda las mallas).	26
TABLA 4.	Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (mallas de 25, 37, 52, 63, 75 y 101 mm. solamente).	26
TABLA 5.	Número total de peces capturados en las redes agalleras, de acuerdo a la posición en la red (2 y 5 m. profundidad solamente).	27
TABLA 6.	Esfuerzo de pesca con redes agalleras: datos de enero y febrero.	27

TABLA 1. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a las estaciones.

Especies	Area A1		Area B		Area A2		Area A3	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2
Enero - Rep. no 1								
<i>B. bonariensis</i>	131	182	39	45				
<i>O. agasii</i>	8	12	13	14				
<i>O. luteus</i>	1	2	4	1				
<i>O. olivaceous</i>	6	12	140	105				
Σ carachi	15	27	161	121				
ispi	3	1	197	192				
TOTAL	149	210	398	364				
Enero - Rep. no. 2								
<i>B. bonariensis</i>	143	136	33	15				
<i>O. agasii</i>	6	14	21	20				
<i>O. luteus</i>	5	-	3	1				
<i>O. olivaceous</i>	4	9	102	127				
Σ carachi	15	23	129	149				
ispi	-	2	4,056	3,537				
TOTAL	158	161	4,221	3,706				
Febrero								
<i>B. bonariensis</i>	131	85	1	4	21	12	16	22
<i>O. agasii</i>	5	2	37	49	4	8	7	7
<i>O. luteus</i>	2	1	7	14	2	5	2	3
<i>O. olivaceous</i>	1	4	82	125	1	1	3	5
Σ carachi	8	7	127	188	7	14	12	15
ispi	8	9	20,464	39,562	6	5	3	1
TOTAL	147	101	20,609	39,809	35	31	31	38

TABLA 2. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo al tamaño de malla.

Especies	Area A1 Tamaño de malla (mm)								Area B Tamaño de malla (mm)								Area A2 Tamaño de malla (mm)								Area A3 Tamaño de malla (mm)												
	12	19	25	40	52	63	75	101	12	19	25	40	52	63	75	101	12	19	25	40	52	63	75	101	12	19	25	40	52	63	75	101					
Enero - Rep. no.1																																					
<i>B. bonariensis</i>	31	10	214	47	5	2	4	-	1	10	62	8	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. agasii</i>	-	2	13	5	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. luteus</i>	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. olivaceous</i>	6	11	1	-	-	-	-	-	19	56	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ carachi	7	13	14	8	-	-	-	-	19	56	201	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ispi	1	1	2	-	-	-	-	-	279	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	39	24	230	55	5	2	4	-	299	176	270	15	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enero - Rep. no. 2																																					
<i>B. bonariensis</i>	15	5	213	39	3	2	2	-	-	1	38	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. agasii</i>	-	-	14	6	-	-	-	-	-	12	27	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. luteus</i>	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>O. olivaceous</i>	2	7	4	-	-	-	-	-	26	66	136	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ carachi	3	8	21	6	-	-	-	-	26	78	166	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ispi	1	1	-	-	-	-	-	-	7079	512	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	19	14	234	45	3	2	2	-	7105	592	212	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Febrero																																					
<i>B. bonariensis</i>	39	40	112	19	3	1	1	1	-	-	3	2	-	-	-	-	8	2	19	4	-	-	-	-	1	-	27	9	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>O. agasii</i>	-	1	3	3	-	-	-	-	-	61	23	2	-	-	-	-	-	1	6	3	2	-	-	-	-	2	2	10	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>O. luteus</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	18	2	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>O. olivaceous</i>	-	3	1	1	-	-	-	-	-	207	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Σ carachi	-	4	6	5	-	-	-	-	-	333	42	5	-	-	-	-	-	8	8	4	2	-	-	-	-	8	7	12	-	-	-	-	-	-	-	-	
ispi	12	5	-	-	-	-	-	-	52000	8024	2	-	-	-	-	-	10	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	51	49	118	24	3	1	1	1	52000	8024	342	45	6	-	1	-	18	11	27	8	4	-	-	-	5	8	34	21	1	-	-	-	-	-	-	-	

TABLA 3. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y la estación (todas las mallas).

Especies	Area A1						Area B						Area A2						Area A3						
	Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			
	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	
Enero - Rep. no. 1																									
<i>B. bonariensis</i>	9	35	87	12	49	121	14	11	14	14	12	19													
<i>O. agasii</i>	1	5	2	1	6	5	1	10	2	5	6	3													
<i>O. luteus</i>	-	1	-	-	2	-	-	4	-	-	1	-													
<i>O. olivaceus</i>	-	6	-	-	12	-	20	87	33	3	95	7													
Σ carachi	1	12	2	1	21	5	23	103	35	8	102	11													
ispi	-	3	-	-	-	1	-	197	-	-	192	-													
TOTAL	10	50	89	13	70	127	37	311	50	22	306	36													
Enero - Rep. no. 2																									
<i>B. bonariensis</i>	22	32	89	23	34	79	22	3	8	4	7	4													
<i>O. agasii</i>	2	3	1	5	7	2	3	15	3	2	17	1													
<i>O. luteus</i>	-	3	2	-	-	-	1	2	-	-	1	-													
<i>O. olivaceus</i>	-	4	-	1	8	-	16	80	6	7	114	6													
Σ carachi	2	10	3	6	15	2	21	98	10	9	133	7													
ispi	-	-	-	-	2	-	-	4056	-	-	3537	-													
TOTAL	24	42	92	29	51	81	43	4158	20	13	3677	16													
Febrero																									
<i>B. bonariensis</i>	35	51	45	8	50	27	-	-	1	2	-	2	-	14	7	3	3	6	2	4	10	1	-	21	
<i>O. agasii</i>	2	2	1	-	2	-	7	18	12	7	40	2	1	1	2	1	5	2	-	4	3	1	-	6	
<i>O. luteus</i>	1	1	-	-	1	-	-	4	3	2	12	-	-	2	-	-	5	-	-	1	1	-	1	2	
<i>O. olivaceus</i>	-	1	-	-	3	1	32	20	30	14	101	-	-	1	-	1	-	-	-	2	1	-	5	-	
Σ carachi	3	4	1	-	6	1	39	43	45	23	153	2	1	4	2	2	10	2	-	7	5	1	6	8	
ispi	-	8	-	-	8	-	-	20464	-	1	39525	-	-	6	-	-	5	-	-	3	-	-	1	-	
TOTAL	38	63	46	8	65	28	40	20518	51	41	39759	9	1	24	10	5	18	8	2	14	15	2	7	29	

TABLA 4. Número total de peces capturados en las redes agalleras de acuerdo a la profundidad y a la estación (mallas de 25, 37, 52, 63, 75 y 101 mm. solamente).

Especies	Area A1						Area B						Area A2						Area A3							
	Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2			Est. 1			Est. 2				
	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M		
Enero - Rep. no. 1																										
<i>B. bonariensis</i>	9	25	87	12	18	24	14	9	14	14	6	19														
<i>O. agasii</i>	1	5	2	1	4	5	1	10	2	5	6	3														
<i>O. luteus</i>	-	-	-	-	2	-	-	4	-	-	1	-														
<i>O. olivaceus</i>	-	-	-	-	1	-	20	49	33	3	58	7														
Σ carachi	1	5	2	1	8	5	23	159	35	8	155	11														
ispi	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-														
TOTAL	10	31	89	13	26	127	37	71	50	22	71	36														
Enero - Rep. no. 2																										
<i>B. bonariensis</i>	22	27	89	23	19	79	22	2	8	4	7	4														
<i>O. agasii</i>	2	3	1	5	7	2	3	9	3	2	11	1														
<i>O. luteus</i>	-	1	2	-	-	-	1	2	-	-	1	-														
<i>O. olivaceus</i>	-	-	-	1	3	-	16	36	6	7	66	6														
Σ carachi	2	4	3	6	10	2	21	48	10	9	79	7														
ispi	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-														
TOTAL	24	31	92	29	29	81	43	52	20	13	86	16														
Febrero																										
<i>B. bonariensis</i>	35	5	45	8	16	27	-	-	1	2	-	2	-	7	7	3	-	6	2	3	10	1	-	21		
<i>O. agasii</i>	2	2	1	-	1	-	7	18	12	7	40	-	1	1	2	1	4	2	-	1	3	1	-	6		
<i>O. luteus</i>	1	1	-	-	1	-	-	4	3	2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	2		
<i>O. olivaceus</i>	-	1	-	-	-	1	32	20	30	14	111	2	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-		
Σ carachi	3	4	1	-	2	1	39	21	43	23	163	21	1	2	2	2	4	2	-	2	5	1	2	8		
ispi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	38	9	46	8	18	28	40	54	51	41	199	13	1	9	10	5	4	8	2	6	15	2	2	29		

TABLA 5. Número total de peces capturados en las redes agalleras, de acuerdo a la posición en la red (2 y 5 m. profundidad solamente).

Especies	Area A1		Area B		Area A2		Area A3	
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Enero - Rep. no. 1								
<i>B. bonariensis</i>	194	98	40	16				
<i>O. agasii</i>	5	13	4	17				
<i>O. luteus</i>	1	2	—	5				
<i>O. olivaceous</i>	4	14	10	212				
Σ carachi	10	30	14	237				
ispi	2	2	62	327				
TOTAL	206	130	118	585				
Enero - Rep. no. 2								
<i>B. bonariensis</i>	179	55	12	10				
<i>O. agasii</i>	5	8	14	22				
<i>O. luteus</i>	2	3	2	1				
<i>O. olivaceous</i>	5	7	69	137				
Σ carachi	12	18	85	163				
ispi	—	2	2247	5346				
TOTAL	191	75	3249	5522				
Febrero								
<i>B. bonariensis</i>	135	37	2	1	23	7	28	7
<i>O. agasii</i>	1	4	17	55	4	6	4	9
<i>O. luteus</i>	—	2	5	14	2	5	3	2
<i>O. olivaceous</i>	2	3	58	103	—	1	3	5
Σ carachi	3	9	81	172	6	12	10	16
ispi	9	8	34024	26000	6	5	2	2
TOTAL	148	56	34140	26197	36	24	40	25

TABLA 6. Esfuerzo de pesca con redes agalleras: datos de enero y febrero.

	Area A1			Area B			Area A2			Area A3		
	Est. 1		Est. 2	Est. 1		Est. 2	Est. 1		Est. 2	Est. 1		Est. 2
	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M	1M	2M	5M
Período de Tiempo (horas)												
Enero no. 1	14.63	14.17	14.33	14.16	14.12	14.12	14.78	14.93	14.97	14.85	14.90	15.00
Enero no. 2	14.85	14.60	14.72	14.67	14.67	14.85	14.50	14.57	14.62	14.53	14.62	14.62
Febrero	14.25	14.19	14.13	14.25	14.16	14.17	14.01	14.07	14.43	14.05	14.32	14.50
	13.89	13.98	14.04	13.90	14.03	14.05	14.49	15.22	14.50	14.38	14.50	14.50
Area de la red (m ²)												
Todas la mallas	60	194	300	60	194	300	60	194	300	60	194	300
Mallas 25-101mm solamente	60	120	300	60	120	300	60	120	300	60	120	300
Esfuerzo con todas las mallas (horas- m ²)												
Enero no. 1	878	2749	4299	850	2739	4236	887	2896	4491	891	2891	4500
Enero no. 2	879	2832	4416	880	2846	4455	870	2827	4386	872	2836	4386
Febrero	855	2753	4239	855	2747	4251	841	2730	4329	843	2778	4350
	833	2712	4212	834	2722	4215	869	2953	4350	863	2813	4350
Esfuerzo con mallas 25-101 mm. solamente (horas- m ²)												
Enero no. 1	878	1700	4299	850	1694	4236	887	1792	4491	891	1788	4500
Enero no. 2	879	1752	4416	880	1760	4455	870	1748	4386	872	1754	4386
Febrero	855	1703	4239	855	1699	4251	841	1688	4329	843	1718	4350
	833	1678	4212	834	1684	4215	869	1826	4350	863	1740	4350

APENDICE No. 3: Datos de captura con el chinchorro en julio-agosto de 1981 y enero-febrero de 1982.

Página

TABLA 1. Captura con chinchorro en julio-agosto de 1981.

28

TABLA 2. Captura con chinchorro en enero-febrero de 1982.

28

TABLA 1. Captura con chinchorro en julio-agosto de 1981.

Fecha	Area No.	Tiempo	Especies				ispi
			<i>B. bonariensis</i>	<i>O. agasii</i>	<i>O. luteus</i>	<i>O. olivaceous</i>	
20 julio	A1 1	día	87	2	—	—	—
20 julio	A1 2	día	—	—	—	—	—
20 julio	A1 3	día	—	13	1	5	—
20 julio	B 1	día	883	64	52	50	—
23 julio	A1 1	noche	17	22	2	—	—
23 julio	A1 2	noche	—	11	—	—	—
25 julio	B 1	noche	101	33	51	76	73
25 julio	B 2	noche	57	35	25	44	36
26 julio	B 1	día	171	24	1	45	—
26 julio	B 2	día	286	5	2	12	—
26 julio	B 1	noche	107	39	30	27	65
26 julio	B 2	noche	25	36	42	20	156
27 julio	B 1	día	143	32	6	120	—
27 julio	B 2	día	104	12	—	42	—
3 agosto	B 1	día	—	4	1	25	—
3 agosto	B 2	día	685	1	—	3	1
3 agosto	B 1	noche	22	32	13	31	8
3 agosto	B 2	noche	14	34	10	45	32
5 agosto	A3 1	día	—	26	18	1	—
5 agosto	A3 2	día	—	37	13	—	—
5 agosto	A3 1	noche	—	72	33	10	—
5 agosto	A3 2	noche	—	90	28	10	—

TABLA 2. Captura con chinchorro en enero-febrero de 1982.

Fecha	Area No.	Tiempo	Especies				ispi
			<i>B. bonariensis</i>	<i>O. agasii</i>	<i>O. luteus</i>	<i>O. olivaceous</i>	
19 enero	A1 1	día	6	1	1	—	—
19 enero	A1 2	día	430	121	19	51	—
19 enero	A1 1	noche	45	18	4	4	—
19 enero	A1 2	noche	35	16	8	6	1
20 enero	B 1	día	253	6	3	28	—
20 enero	B 2	día	251	22	6	18	—
20 enero	B 1	noche	5	52	7	34	11
20 enero	B 2	noche	4	36	5	38	16
21 enero	B 1	día	151	3	—	7	—
21 enero	B 2	día	51	28	5	2	—
21 enero	B 1	noche	4	63	7	34	29
21 enero	B 2	noche	—	27	2	27	18
1 febrero	A1 1	día	1335	44	12	28	1
1 febrero	A1 2	día	121	18	4	16	—
1 febrero	A1 1	noche	218	79	14	20	—
1 febrero	A1 2	noche	21	29	9	12	—
2 febrero	B 1	día	409	10	7	15	—
2 febrero	B 2	día	31	6	5	19	—
2 febrero	B 3	día	623	15	1	17	1
2 febrero	B 1	noche	25	66	4	67	135
2 febrero	B 2	noche	7	—	1	46	64
2 febrero	B 3	noche	10	30	3	32	171
4 febrero	A3 1	día	3	36	17	13	—
4 febrero	A3 2	día	4	5	4	3	—
4 febrero	A3 1	noche	1	52	28	16	6
4 febrero	A3 2	noche	—	36	20	12	1

APENDICE No. 4: TRADUCCION INGLESA DEL TEXTO

P R E F A C E

This study of fish populations in Lake Titicaca resulted from a scientific exchange between the Instituto del Mar del Peru (IMARPE), Puno, Peru and the Westwater Research Centre, The University of British Columbia (UBC), Vancouver, Canada. The research was funded by the Institutional Cooperation and Development Services Division of the Canadian International Development Agency (CIDA), Ottawa, Canada as a component of the 1 UNTA/UBC/CIDA training project in water quality and aquatic resource management that has been operating in Puno, Peru since 1981. As an initial focus for study the UNTA/UBC/CIDA project has undertaken research to evaluate the impacts of domestic sewage pollution on the aquatic ecosystem of Lake Titicaca. The IMARPE/UBC study examined the effects of poor water quality on one of the important aquatic resources of Lake Titicaca—the fish populations which frequent the littoral zone, providing the basis for native fisheries of the Peruvian and Bolivian portions of the lake.

Despite the economic importance of Lake Titicaca's fisheries resources for the altiplano region, there is only a fragmentary understanding of the lake's fish populations and the fisheries they support. The Puno regional laboratory of IMARPE has initiated preliminary studies (Bustamente and Treviño, 1977) on Lake Titicaca fisheries. Recently, the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations has sponsored investigations (Northcote, 1979; Northcote, 1980; Johanneson et al., 1980; Alfaro et al., 1982) which provide additional description of Lake Titicaca fish populations. Following the recommendations of Northcote (1980) this study of Puno Bay's fish population was undertaken to develop a better understanding of littoral fish ecology in Lake Titicaca. The study was also designed to describe the effects of poor water quality on those fish populations in direct contact with the severely polluted water of Inner Puno Bay.

A C K N O W L E D G E M E N T S

This study was facilitated by the cooperation of Dr. Eufrazio Bustamente, Director of the IMARPE laboratory Puno, Peru. IMARPE personnel including Pedro Castillo and Jesus Cruz provided able assistance in the field and laboratory. Dante Choquehuanca, a student volunteer on the project, took part in all phases of the work. Several UBC volunteers, including Linda Berg, Nancy Clogg and Moira Graven assisted in data collection and analysis. Illustrations and figures were drafted by Itsuo Yesaki of the Westwater Research Centre, UBC and typing was undertaken by Darlene Nickull, also from Westwater. Identification of ispi specimens was confirmed by Dr. Laurent Lauzanne of ORSTOM who compared our Puno Bay samples with type specimens in the Paris Museum. A valuable review of the manuscript was provided by Wayne Wurtsbaugh, University of California, Davis.

A B S T R A C T

Two fish population surveys were conducted in the agua negra zone of Inner Puno Bay, Lake Titicaca and the adjacent agua limpia zone at Ojerani during July-August of 1981 and January-February of 1982. Comparisons of gillnet and beach seine catch-per-unit-effort statistics indicated major differences in fish population abundance in the two areas. While three of the dominant native *Orestias* species were reduced in abundance in the agua negra zone (carachi enano - *O. olivaceus*, carachi amarillo - *O. luteus*, and ispi - *O. ispi*) one species (carachi gris - *O. agasii*) was similar in abundance in the two zones. The introduced atherinid (pejerrey - *Basilichthys bonariensis*) was more abundant within the agua negra zone. Differences were also observed in pejerrey vertical distribution, the fish occupying a higher portion of the water column in the agua negra zone, and in the pejerrey size distribution, the fish being larger in the agua negra zone. The results suggest that Puno's domestic sewage pollution presently enhances the production of pejerrey, but may diminish the production of some of the native carachi species.

Differences in fish catches and gillnet selectivity curves in the two seasons indicated that pejerrey, carachi gris and carachi amarillo reside and grow in the littoral zone of Lake Titicaca for an extended period. Carachi enano and ispi immigrate into the littoral zone to spawn, primarily in the rainy season. In both the dry season and the rainy season there were major diel migrations of the dominant species, pejerrey occupying the nearshore zone primarily during the day, and carachi moving into the same area primarily at night.

The large abundance of spawning ispi in the littoral zone may provide an opportunity to expand the native subsistence fishery in Lake Titicaca provided that steps are taken to guard against over-exploitation of the ispi resource.

I N T R O D U C T I O N

Effects of cultural eutrophication on fish communities of large lakes have been studied for several decades in temperate regions, especially in Europe (Northcote and Rundberg, 1970; Bjork, 1972; Numann, 1972; Andersson et al., 1975) and North America (Beeton and Edmondson, 1972; Northcote, 1972; 1973). Indeed many of the responses of fish to increased nutrient loading such as higher growth rate, changes in age class structure, age of maturity, fecundity, juvenile recruitment and survival were summarized over two decades ago (Larkin and Northcote, 1969) in assessing the use of fish as indicators of eutrophication. However little of this work dealt with conditions likely to exist in tropical areas or with the special fish faunas to be found there.

But cultural eutrophication is not restricted to temperate latitudes and some of its most extreme effects have been documented for lower trophic levels of inland waters of tropical and subtropical regions of South America (Bjork, 1975, 1978). Despite the importance of fish as a protein source in some non-urban

regions of South America and the serious impacts which eutrophication could have on fish populations, surprisingly few studies have been made in this area. Consequently as part of a more general training project in water quality and aquatic resource management being undertaken at Puno, Peru, on the shores of Lake Titicaca, it was possible to undertake an assessment of the fish populations in the inner part of Puno Bay most seriously affected by eutrophication and to make comparisons with a nearby area in Puno Bay outside of the most heavily polluted zone.

DESCRIPTION OF STUDY AREAS

Study areas were located within Inner Puno Bay of Lake Titicaca, Peru (Figure 1). Lake Titicaca is an 8,000 km² tropical lake situated on the Peruvian and Bolivian Altiplano at an elevation of 3,803 meters above sea level. Morphometric information for Lake Titicaca is provided by Gilson (1964), Richerson et al. (1977), Boulange and Aquize (1981), and Alfaro et al., (1982). The lake is 176 km along its longest axis and 66 km at its widest point. The maximum depth of the lake is 281 m and the total water volume is 866 km³. The littoral area of Lake Titicaca (from the shoreline out to a depth of 10 m) covers 1,600 km² and the total shoreline length is 1,141 km (Alfaro et al., 1982).

Lake Titicaca lies in an internal drainage basin which is about 8 times the total surface area of the lake (Richerson et al., 1977). Lands surrounding the lake are primarily agricultural. Major rivers which flow into the lake, ranked in order of their annual inflow volumes, are the Rio Ramis, the Rio Ilave, the Rio Coata, and the Rio Suches. River inflows provide only 42 o/o of the incoming water to the lake, the other 58 o/o being contributed by direct precipitation (Monheim, 1956). Of the total inflow volume, 5 o/o leaves the lake via the one major outflow, the Rio Desaguadero, and 95 o/o leaves via evaporation (Gilson, 1964). The high evaporation rate and the long water retention time (estimated at 70 years) cause high dissolved solid concentrations in Lake Titicaca water (Richerson et al., 1977).

Seasonal differences in mean air temperatures of the altiplano are slight and diel ranges of temperature are considerably larger than the annual range of monthly means (Gilson, 1964). Monheim (1956) has summarized hydrological information for the Lake Titicaca region. Of the 600-700 mm of precipitation that falls annually, 73 o/o on average falls between the summer months of December and March. Only 4 o/o of the average annual precipitation falls between May and August in the dry winter months. The drastic precipitation difference between the dry winter and wet summer imposes a seasonal influence on the Lake Titicaca ecosystem.

Although most areas of the main lake are steep-sided and deep, Puno Bay is much shallower (mostly less than 30m) and largely separated from Lago Grande (Figure 1). Roughly half of Puno Bay is covered in beds of the emergent macrophyte, *Schoenoplectus tatora*, reflecting the relatively shallow depth of most of the bay. Inner Puno Bay is a shallow (7m maximum depth) embayment

which is ringed by the City of Puno along its shore and very extensive totora beds along its western margin (Figure 1). Water exchanges with Outer Puno Bay are restricted by the presence of the totora beds except in the vicinity of dredged shipping channels.

The sewage collection and treatment system for the City of Puno is grossly ineffective. A total of 60,000 people reside in the City of Puno (increasing by 10-20,000 on market days, festivals, etc.; census figures from 1981) and sewage facilities service only a fraction of the population. A large number of inhabitants defecate openly on the streets and, together with untreated sewage from the city, fecal material is conveyed directly into Inner Puno Bay.

As a result of severe sewage contamination, water clarity within Inner Puno Bay has decreased. Close to the shore and extending into the centre of Inner Puno Bay is a zone of low water transparency (less than 1m Secchi depth) called the "agua negra" zone. Further from shore and away from the direct contamination is a zone of greater water transparency (between 1m and 2.5m Secchi depth) called the "agua limpia" zone. The spatial extent of the two zones vary in response to seasonal precipitation conditions (Vasquez, in preparation).

Areas A1, A2 and A3 were located in the agua negra zone of Inner Puno Bay, while Area B was situated in the agua limpia close to the town of Ojerani (Figure 1). Area A1 was adjacent to the largest sewage outfall for the City of Puno and contained the most severely contaminated water observed in Lake Titicaca. At all of the sites submerged macrophytes (*Myriophyllum* sp., *Elodea* sp., *Potamogeton* sp., *Ruppia* sp., *Nitella* sp., *Chara* sp. and *Sciaromium* sp.) were present, but only at Area A1 was the floating macrophyte (*Lemna* sp.) abundant. In addition to water transparency differences between the agua negra sites and agua limpia site, there were differences in sediment characteristics. At Areas A1, A2 and A3 sediments formed a dark, soft ooze, whereas at Area B, sediments were sandy and hard.

DESCRIPTION OF THE FISH FAUNA

Native species

Two genera, the cyprinodont *Orestias* and the trichomyterid *Trichomycterus*, are native to Lake Titicaca (Figure 2). Because of the lake's unique geographical characteristics of high altitude, large size, and tropical location (16° S), ichthyologists and ecologists have had a long interest in Lake Titicaca's fish fauna. Scientific collections from the lake date back over a century (Valenciennes, 1839, Agassiz and Garman, 1876; Evermann and Radcliffe, 1917, Eigenmann and Allen, 1942). The most comprehensive study of native fish taxonomy resulted from collections made by the Percy Sladen Expedition of 1937 (Gilson, 1938) and the analyses undertaken by Tchernavin in the British Museum (Tchernavin, 1944A; Tchernavin,

1944B). In his revision of *Orestias*, Tchernavin (1944A) recognized 20 species which he arranged in 4 groups:

<p>Group I</p> <p><i>Orestias cuvieri</i> <i>Orestias pentlandii</i></p> <p>Group II</p> <p><i>Orestias agasii</i> <i>Orestias uyunius</i> <i>Orestias jussiei</i> <i>Orestias polonorum</i> <i>Orestias langui</i> <i>Orestias olivaceous</i> <i>Orestias luteus</i> <i>Orestias albus</i></p>	<p>Group III</p> <p><i>Orestias uruni</i> <i>Orestias minutus</i> <i>Orestias minimus</i> <i>Orestias gilsoni</i> <i>Orestias tutini</i> <i>Orestias taquiri</i></p> <p>Group IV</p> <p><i>Orestias mulleri</i> <i>Orestias incae</i> <i>Orestias crawfordi</i> <i>Orestias mooni</i></p>
---	---

The 4 groups may represent separate genera or subgenera (Tchernavin, 1944A). The species can also be classified into 3 major ecological groups: predatory forms exemplified by *O. cuvieri*, planktivorous forms exemplified by *O. mooni* (collectively called "ispi") and benthofagous forms exemplified by *O. agasii* (collectively called "carachi").

Recent studies by Lauzanne (1981) have confirmed the existence of three additional Group IV *Orestias*: *O. tchernavini*, *O. ispi*, and *O. forgeti*. A total of 23 species of *Orestias* have therefore been described and other species will undoubtedly become recognized as future scientific collections and taxonomic studies are undertaken.

Two species of *Trichomycterus* were recognized from Lake Titicaca in Tchernavin's (1944B) revision of the genus: *T. rivulatus* and *T. dispar*. Common names of *Trichomycterus* sp. are "suche" and "mauri". Although many other species of *Trichomycterus* have been described from Lake Titicaca, Tchernavin considered them as polymorphic specimens of *T. rivulatus* (Tchernavin, 1944B).

Among freshwater fishes, greater species diversity is shown at tropical latitudes than at temperature ones [Lowe-McConnell, 1969; possible mechanisms reviewed in Pianka (1966)]. In comparisons of native fish species diversity in Lake Titicaca with other tropical lakes, the Titicaca fauna was concluded to be less diverse than other tropical lakes of similar area and depth (Richerson et al., 1977). Compared to a world-wide regression of the recorded number of fish species on lake area (log-log transformed), Lake Titicaca data (no. species = 18, area = 10,000 km²) fell well below the line of best fit (Barbour and Brown, 1974). Richerson et al., (1977) give 4 possible reasons for the anomalously low species diversity including (1) inadequate collection (2) extreme isolation (3) extreme conditions (low temperature) (4) extreme fluctuations in dissolved solids. In her review of tropical freshwater fish communities, Lowe-McConnell (1975) points out that in tropical rivers, fish diversity decreases with altitude, probably due to a temperature effect. The high altitude and cool temperatures (10-15° C) of Lake Titicaca might account for its apparently low fish species diversity.

Exotic species

During the 20th century, the fish fauna of Lake Titicaca underwent radical changes due to the introduction of exotic fish species. The history of the introductions and a socio-economic evaluation of the consequences is given in Laba (1979). At the request of the Peruvian and Bolivian governments, the U.S. Bureau of Fisheries conducted a reconnaissance of Lake Titicaca (James, 1936) which recommended lake trout (*Salvelinus namaycush*), whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and cisco (*Coregonus* sp.) as candidate species for introduction into Lake Titicaca. Following the recommendations of James (1936) a trout hatchery was built at Chucuito in 1940. According to Everett (1971), the hatchery cultured eggs of 5 species of exotic fishes at different times: lake trout, whitefish, brown trout (*Salmo trutta*), rainbow trout (*Salmo gairdneri*), and eastern brook trout (*Salvelinus fontinalis*). The introductions met with varied success. During the late 1960's Everett (1971) considered lake trout to be rare or absent. Lake trout evidently survived in the lake as Gilson (1964) reports a captured specimen of 38.5 kg. The whitefish eggs never hatched, brown trout successfully colonized the Rio Ilave, and brook trout, which were introduced in 1955, were also considered rare (Everett, 1971). The only species to establish a viable commercial fishery was rainbow trout which was introduced in 1942. Self-reproducing populations were present throughout Lake Titicaca and its tributaries by 1950 (Everett, 1971). Everett (1973) reviewed the development and collapse of the rainbow trout fishery which produced 500 MT of canned product at its peak in 1965. Due to overharvesting, fish catches decreased in the late 1960's and 5 existing canneries ceased operations (Everett, 1973). At present, trout are still harvested commercially and sold on the fresh market. Calculations by Alfaro et al., (1982) suggest that the trout catch in 1979 was the same order of magnitude as the historical maximum catch.

A second exotic which successfully invaded Lake Titicaca and supports a viable commercial fishery is the Argentinian pejerrey, *Basilichthys bonariensis*. Pejerrey were introduced into the basin as a sport fish and escaped into Lake Titicaca via Rio Desaguadero in 1955 or 1956. By 1967 they were abundant throughout the lake and its tributaries (Wurtsbaugh, 1974). The population is self-reproducing in Lake Titicaca and in 1979 provided commercial catches of nearly 1000 MT (Orlove, unpublished data).

METHODS

Field sampling during the present study was carried out to establish whether or not differences existed in fish population abundance, distribution and movements within the agua negra of Inner Puno Bay and the adjacent agua limpia zone. Intensive fish sampling took place in two different periods. The first sampling period was July-August of 1981, in the dry winter season, and the second was January-February of 1982, in the rainy summer season. The overall experimental design was identical in the two periods, encompassing an initial 4-day period of sampling in Areas A1 and B (2 days of sampling in each area) and a second 4-day period of sampling in Areas A1, A2, A3 and B (1 day of sampling

in each area). Sampling during the two survey periods was scheduled as follows:

	Area A1	Area B	Area A2	Area A3
Dry Season				
July 1981	July 23-24	July 25-26		
	July 26-27	July 26-27		
August 1981	August 3-4	August 4-5	August 4-5	August 5-6
Rainy Season				
January 1982	Jan. 18-19	Jan. 20-21		
	Jan. 19-20	Jan. 21-22		
February 1982	Feb. 1-2	Feb. 2-3	Feb. 3-4	Feb. 4-5

Two methods of fish netting provided the basis for quantitative comparisons; gillnetting and beach seining. Experience in setting and retrieving gillnets was obtained during January, 1980 when experimental gillnets were fished at Ojerani (Area B) and Chiflon Bay (see Northcote, 1980). Beach seine sites for the present study were established during exploratory sampling in Areas A1, A2, A3 and B during mid-July of 1981.

Gillnetting procedures

Monofilament gillnets of 1m, 2m and 5m depths were fished in corresponding depths of water. The 1m and 5m nets consisted of 6 different mesh size panels 10m long with 25, 40, 52, 63, 75 and 101mm mesh (stretched diagonally knot to knot) making the whole net gangs 60m long. Two fine-meshed panels of 12mm and 19mm, each 18.6m long were added to the 2m nets, making these nets 97.2m in total length. As an aid in determining fish vertical position in the gillnets, a nylon thread was interwoven along the centre line of the 2m and 5m nets (i.e. at 1m and 2.5m depths respectively).

Nets were set along 1, 2 and 5m depth contours parallel to the shoreline to fish the entire water column from surface to bottom. Two replicate stations separated by 100m were established within each area and two net gangs were set to fish at each depth. The nets were set in the late afternoon and fished for a standard period of approximately 14 hours prior to their retrieval in the early morning of the following day. The mean fishing period (Figure 3) showed little variation in different months of sampling.

Upon retrieval and transfer of the gillnets into their respective net tubs, the nets were spread out on shore on a 3m x 10m plastic sheet. Enmeshed fish were removed mesh panel by panel and in the case of the 2m and 5m nets, grouped by their vertical position as either "upper" or "lower". The fish were transferred from labelled pails into plastic bags containing 10 o/o formalin and tags identifying sampling date, area, station, depth, mesh size and vertical position. Fish samples were identified, enumerated and analyzed in the laboratory.

Representative gillnet samples of fish from both the *agua negra* and *agua limpia* zones have been deposited in the University of British Columbia Fish Museum, Vancouver Canada.

Beach seine procedures

A fine-meshed beach seine of 6mm mesh (stretched diagonally corner to corner) 1m deep and 12.5m long was hauled at beach sites in Areas A1, A3 and B. Rope bridles connected the lead line and float line of the net so that the lead line received most of the tension as the net was retrieved. The net was set parallel to shore at the end of 50m rope leads by a small row boat, and retrieved by 6-8 people standing on the shore.

Beach seining was scheduled both during the day (1200 hours) and at night (2100 hours). At least two neighbouring seine hauls were made at each station. Fish obtained in the beach seine were identified and enumerated in the field and then preserved for later laboratory analysis in plastic bags containing 10 o/o formalin and tags identifying sampling date, area and replicate number.

Fish collected in the beach seine were measured either fresh or else after a period of 1 day to several weeks preservation in 10 o/o formalin. No size corrections were carried out on formalin-preserved specimens to account for shrinkage. Fish were measured on a measuring board to the nearest mm fork length, blotted dry, and then weighed to the nearest g with either a 100g or a 200g Pesola spring balance.

Data processing

Gillnet catch data were analyzed on the University of British Columbia computer system with the MIDAS program developed by the Statistical Research Laboratory of the University of Michigan. The program was used to restructure the gillnet catch data according to area, mesh size, depth and vertical position. Results of this analysis are shown in Appendices 1 and 2 which correspond to the dry season and rainy season respectively.

For quantitative comparisons of fish abundance between areas, gillnet catch per unit effort (CPUE) data were calculated. Effort was defined as the product of the gillnet set time by the area of net and has units of hours x m². Effort data for the CPUE calculations are shown in Table 6 of Appendix 1 (dry season) and Table 6 of Appendix 2 (rainy season).

Gillnet CPUE data were analyzed statistically by 3-way factorial analysis of variance (Sokal and Rohlf, 1981). The CPUE data were transformed to $\sqrt{\frac{\text{catch} + 0.5}{\text{horas} \times \text{m}^2}}$ and analysed on an Apple II plus 48k microcomputer at the Universidad Nacional Tecnica del Altiplano with a multi-way ANOVA program purchased from Dynacomp Inc., Rochester, N.Y. Several of the analyses were repeated on a hand calculator to verify the results.

Mean beach seine catch per unit effort data were calculated from data shown in Appendix 3. The unit of effort was 1 beach seine haul which corresponded to an area swept of approximately 500 m² of littoral habitat.

RESULTS

Fish abundance in the littoral zone

Two genera, the native *Orestias* as well as the introduced *Basilichthys*, accounted for most of the fish captured in the littoral sampling sites of Inner Puno Bay. The dominance of these 2 genera was evident both in the dry season and the rainy season (Table 1). Apart from 27 *Salmo gairdneri* (0.036 o/o of the total catch) and 10 *Trichomycterus* sp. (0.013 o/o of the total catch) all of the other 74,587 specimens captured in gillnets were either of the genus *Orestias* or *Basilichthys*. *Ispi* (*O. ispi*) was the most abundant of the native *Orestias* species in the gillnet samples, accounting for 93.7 o/o of the total gillnet catch. The introduced Argentinian pejerrey, *Basilichthys bonariensis*, was the second most abundant species in the gillnet samples (Table 1). Three other native *Orestias* species were numerically predominant in the littoral of Inner Puno Bay: *O. olivaceus* (carachi enano), *O. agasii* (carachi gris) and *O. luteus* (carachi amarillo). Other *Orestias* species which occurred infrequently in the samples included *O. pentlandii* (boga) and *O. albus*.

Spatial differences in abundance

There were marked differences in fish species abundance in the agua negra and agua limpia sampling sites. In the dry season, 3 of the native *Orestias* species (*O. ispi*, *O. luteus* and *O. olivaceus*) were more frequent in gillnet catches at Area B than at Area A1 (Figure 4). One species *O. agasii*, had a similar gillnet CPUE at both sites, while the pejerrey *B. bonariensis* was captured more frequently in gillnets set in Area A1. During the rainy season (Figure 4) *O. luteus* increased in abundance at Area A1 and had a similar CPUE at Area A1 and Area B at this time. As in the dry season, *O. ispi* and *O. olivaceus* occurred more frequently in Area B samples, *B. bonariensis* CPUE values were higher in Area A1, and *O. agasii* CPUE values were similar in the two areas. Fish abundance in the two areas was compared statistically through analysis of variance of the gillnet CPUE data for the dry season (Table 2) and the rainy season (Table 3). The significant area x species interaction in both data sets confirmed the spatial differences in fish abundance between Areas A1 and B.

During August 1981 and February 1982, gillnet surveys were carried out in 4 sampling sites: Areas A1, A2 and A3 of the agua negra zone and Area B of the agua limpia zone. Both in the dry season (Figure 5) and the rainy season (Figure 6) the composition of the catch at Areas A1, A2 and A3 differed from Area B. At Area B, there were many more *O. ispi* and *O. olivaceus*, slightly more *O. luteus*, similar numbers of *O. agasii*, and fewer *B. bonariensis* on at least one date (Figure 6). Statistical differences between areas, measured by the area x species interaction term in analysis of variance, were insignificant in the dry season (Table 4) but highly significant in the rainy season (Table 5). The latter difference was related to the very high numbers of *O. ispi* captured at Area B (Figure 6).

Spatial differences in fish abundance between areas were also reflected in the beach seine catch results (Figure 7). *O. ispi* and *O. olivaceus* were more abundant in beach seine catches at Area B than at Areas A1 and A3 both in the dry season and the rainy season. *O. luteus* and *O. agasii* were similar in abundance at the three sites in the rainy season, but less abundant at Area A1 in the dry season. The reduced fish catches at Area A1 during the dry season may have related to difficulties in retrieving the beach seine along the soft mud bottom. During the rainy season, beach seining took place on a hard-bottomed site in Area A1 and better captures were obtained (Figure 7). Area x species interactions were insignificant in the dry season (Table 6) and marginally significant in the rainy season (Table 7).

Seasonal differences in abundance

Gillnet sampling during the dry season and the rainy season was designed so that the sampling effort in the two fishing periods was similar. Gillnet set times (Figure 3) as well as the sequence of fishing in the different study sites were replicated. Because of the equivalence in sampling effort in the two periods, changes in the total fish captures (Table 1) reflect seasonal changes in abundance of the littoral fish populations of Inner Puno Bay.

There was a large increase in *O. ispi* numbers in the rainy season over those in the dry season. While captures of *O. olivaceus* were 4-fold higher in the rainy season than the dry season, both *O. agasii* and *O. luteus* were more abundant in dry season samples (Table 1). *B. bonariensis* was slightly more abundant in dry season samples.

Fish distribution in the littoral zone

The horizontal distribution of littoral fishes in Inner Puno Bay was evaluated through comparisons of gillnet CPUE data for 1m, 2m and 5m nets (Figure 4). Since only the 2m nets had 12 mm and 19 mm fine-meshed panels, ANOVA's were carried out on CPUE data for mesh sizes 25-101 mm to avoid introducing a bias in the analysis due to gillnet mesh selectivity.

During the dry season, most fish captures occurred in shallow (1m and 2m) gillnets (Figure 4). Most *Orestias* also occurred in shallow samples in the rainy season, indicating a strong shore orientation of this group during both sampling periods (Figure 4). However, in the rainy season the horizontal distribution of *B. bonariensis* shifted and high catches were obtained in 5m samples as well as in 1m and 2m samples.

There were clear differences in *B. bonariensis* vertical distribution at the agua negra and agua limpia sampling sites both in the dry season (Table 8) and the rainy season (Table 9). In both periods, the proportion of fish captured in the upper half of the 2m and 5m gillnets was greater in the agua negra sites (Areas A1, A2 and A3) than the agua limpia site (Area B). The results suggest that pejerrey in the agua negra zone are higher in the water column, on average, than pejerrey in the agua limpia zone.

When the vertical position of *O. agasii* was compared at the 4 sampling sites, differences were found within the agua negra sites (Table 10) or else were statistically insignificant (Table 11).

Fish size characteristics

The relative size difference of the littoral fishes of Inner Puno Bay in the dry season and the rainy season was evaluated through comparisons of gillnet selectivity curves. When samples from different areas were grouped, the resulting selectivity curves (Figure 8) indicated seasonal changes in fish size distribution.

In the rainy season all five dominant species were captured in larger mesh sizes than during the dry season. The difference implies an increase in the mean size of these populations between the dry season and the rainy season. In three cases (*B. bonariensis*, *O. luteus* and *O. olivaceous*) the peak in the gillnet selectivity curve in the rainy season was shifted one mesh size to the right. In the case of *O. agasii* and *O. ispi*, the peak in the gillnet selectivity curves occurred at the same mesh size in both seasons. However, the proportion of fish captured in relatively larger meshes (37mm for *O. agasii* and 19mm for *O. ispi*) was greater in the rainy season (Figure 8) indicating a slight increase in mean fish size between the dry season and the rainy season.

Gillnet selectivity curves for *B. bonariensis* in Areas A1 and B indicated that the fish were larger in the agua negra zone in the dry season than in the agua limpia zone (Figure 9). A G-test (Sokal and Rohlf, 1981) confirmed a statistically higher frequency of pejerrey in 25mm mesh in Area A1 (Table 12). In the rainy season a large number of small recruits were captured in the 12mm mesh at Area A1 and fish from Area B were larger on average than those in Area A1 (Table 13).

During July of 1981, the larger mean size of *B. bonariensis* in the agua negra zone was independently confirmed through measurement and comparison of beach seine specimens (Table 14). On July 20, 1981, the mean fork length of *B. bonariensis* from Areas A1 and B were 91 and 75mm, respectively. Many of the fish sampled at Area B were in poor condition (Figure 10B) and had relatively low weight: length ratios (Table 14). As the fish grew and increased in size the mean weight: length ratio increased from 0.037 to 0.050 over the period July 20 to August 3, indicating a reduction in the frequency of poor-condition individuals through either mortality, emigration or increased growth.

Fish movements

Littoral fish populations undertook diel horizontal movements indicated by differences in day and night beach seine catch results (Figure 7). All of the species of *Orestias* were more abundant in night samples than in day samples. In contrast to this pattern, *B. bonariensis* were more frequent in seine hauls during the day than at night. A statistically significant area x time interaction for the rainy season data (Table 7) confirmed this pattern. Analysis of variance of the dry season beach seine data showed a non-significant species x time

interaction (Table 6) the absence of statistical significance possibly relating to the previously mentioned beach seining difficulties at Area A1.

DISCUSSION

Fish utilization of the littoral zone

The temporal occurrence and utilization of the littoral zone by Inner Puno Bay fishes was defined by relative abundance estimates in the dry season and the rainy season, as well as fish size differences in the two periods. For *O. luteus*, *O. agasii* and *B. bonariensis*, fish populations decreased in abundance from the dry season to the rainy season while at the same time, mean fish sizes increased (Figure 8). These observations are consistent with the simultaneous growth and mortality (or emigration) of a population while resident in the littoral zone. For *O. olivaceous*, there was an increase in abundance from the dry season to the rainy season simultaneous with an increase in mean size (Figure 8). Prior to their occurrence in littoral zone sampling sites, *O. olivaceous* evidently migrated there from surrounding areas between August, 1981 and January, 1982.

Unlike the other species which resided in the littoral zone for an extended period, *O. ispi* apparently was transient and probably had migrated into the littoral zone to spawn, primarily in the rainy season. The fish obviously were in spawning condition and most of the females were either gravid or recently spent. Although some gravid *O. ispi* were captured in the dry season, possibly indicating a low level of year-round spawning by these fish, the catch results provide clear evidence of concentrated spawning by *O. ispi* in the littoral of Inner Puno Bay during the rainy season.

Gillnet selectivity curves (Figure 8) also indicated that only one predominant age-class of fish was present along the shore zone of Inner Puno Bay (at the times of sampling) both in the dry season and the rainy season. It is evident that the species which reside close to shore are present there for only a portion of their life cycle, having moved into the area as juveniles, and migrating elsewhere as adults. During experimental fishing, few juvenile fish (<30 mm) were captured in the finemeshed beach seine. Juvenile fish were observed in neighbouring areas of high macrophyte and periphyton growth. At the times of sampling, adult *O. agasii* and *O. luteus* being traded in Puno market (apparently captured within totora beds) were considerably larger than those obtained in test fishing samples. Although fish spawning and larval fish rearing areas have not yet been positively identified in Lake Titicaca, it seems likely that the neighboring totora beds (Figure 1) might provide this function.

The pejerrey, *B. bonariensis* which immigrated into Lake Titicaca via Lake Poopo in 1956 or 1957 (Wurtsbaugh, 1974) has been a very successful invader of the littoral zone of Inner Puno Bay and probably elsewhere in the lake. Sub-adult *B. bonariensis* are predominant members of the littoral fish community. In terms of its overall production per unit area of littoral habitat, *B. bonariensis* probably surpasses all of the native *Orestias*

species. One mechanism which may have contributed to this successful invasion is the temporal segregation of *B. bonariensis* and *Orestias* in the littoral which occurs on a diel basis. The exploitation of the near shore zone by *B. bonariensis* largely during daylight hours, and by *Orestias* largely at night, may well minimize competitive interactions between these two groups. However, since higher numbers of *B. bonariensis* were obtained in night seine hauls than in day catches from Lago Grande sampling sites (Wurtsbaugh, 1974), further intensive sampling is required to confirm whether *Orestias* and *B. bonariensis* are indeed temporally segregated on a diel basis.

Effects of poor water quality

Littoral fish populations showed different responses to the polluted water quality conditions within Inner Puno Bay. One species, *B. bonariensis*, was more abundant in the agua negra zone and greater densities of larger individuals were present there than in the agua limpia region nearby. A second species, *O. agasii*, showed a neutral response to the water quality conditions, with equal densities of fish present both in the agua negra and the agua limpia. Three species, *O. ispi*, *O. olivaceous* and *O. luteus*, were greatly reduced in abundance in the agua negra zone. In the case of the latter two species, the difference was probably a negative response of the fish populations to poor water quality conditions. Although *O. ispi* might experience higher mortality and lower egg survival in the agua negra zone, they may have been less abundant in the agua negra due to the presence of totora beds (Figure 1) which would have blocked the migration of the adults from the pelagic zone of the lake into the agua negra zone.

The presence of *O. agasii* in similar densities in the agua negra and agua limpia sites suggests that this species of *Orestias* may be pollution-tolerant and capable of withstanding the poor water quality conditions of the agua negra zone. Two other species, *O. luteus* and *O. olivaceous*, apparently were pollution-sensitive with a marked decrease in abundance in the agua negra zone where water quality conditions were poor, especially during the dry season.

The severity of poor water quality effects on the *O. luteus* and *O. olivaceous* populations of Inner Puno Bay was greater in the dry season than in the rainy season. In the rainy season, the magnitude of *O. luteus* and *O. olivaceous* population differences between areas was smaller than in the dry season (Figure 4). The increased rainfall run-off in the rainy season diluted the sewage effluents entering Inner Puno Bay, possibly resulting in more favourable water quality conditions for these 2 species than in the dry season.

Within the agua negra zone, water quality effects during the dry season appeared to be greater at Area A1, adjacent to the largest sewage outfall for the City of Puno, than at Areas A2 and A3 (Figure 5). Gillnet results suggested that *B. bonariensis*, *O. luteus* and *O. olivaceous* population differences (relative to Area B) were greatest at Area A1. These observations suggest that the effects of eutrophic conditions on the fish

populations of Puno Bay are most severe in the immediate vicinity of sewage outfalls. In the rainy season (Figure 6) gillnet CPUE differences were pronounced for *B. bonariensis*, but minor for *O. luteus* and *O. olivaceous*.

In addition to enhancing the growth and abundance of *B. bonariensis*, the water quality conditions of the agua negra resulted in the fish altering their vertical distribution in the water column. The more frequent occurrence of *B. bonariensis* in the upper part of the water column in the agua negra, compared to the agua limpia (especially in the dry season - Table 8) may have been an avoidance response to poor habitat conditions (Morales, in preparation) and a movement of the fish population away from contaminated bottom sediments and their overlying waters. Alternatively, the fish may have altered their vertical distribution as a feeding response to enriched zooplankton populations (Muñiz, in preparation) or reduced benthic invertebrate populations (Chalco, in preparation; Medina, in preparation). Wurtsbaugh (personal communication) suggests that pejerrey in the agua negra zone move into the upper part of the water column because of inadequate light conditions for feeding in the deeper water.

Although the present stage of eutrophication and sewage contamination has caused a positive effect on pejerrey within the agua negra zone, this does not mean that enhancement of pejerrey growth and abundance will continue indefinitely. Experience elsewhere (e.g. Leach et al., 1977) suggests that eventually, as eutrophication proceeds, negative effects on fish populations over-ride the positive ones.

Within Puno Bay, eutrophication impacts on fish populations can affect humans in at least two ways. Firstly, the large populations of pejerrey in the agua negra zone, which support a local food and market fishery, originate from an environment which is grossly loaded with fecal coliforms (Escobedo, in preparation). Ingestion of fish from contaminated areas may subject consumers to serious health risks. Secondly, the changes in species composition and abundance of native *Orestias* species may have severe implications for the food fisheries of the Uros people (who dwell on the totora beds of Puno Bay) if the zone of polluted water continues to expand outwards.

Future fisheries development in the littoral zone

The very high abundance of *ispi* observed in the vicinity of Ojerani (Area B) offers obvious fisheries resource development possibilities within Puno Bay. Night gillnetting in the littoral zone with finemeshed (12 mm) nets could provide a cost-effective method of exploiting a resource produced largely in the pelagic zone of Lake Titicaca. The nets could easily be fished from native balsas in shallow (2m) water depths and supplement the existing native subsistence fishery around the lake. With favorable fishing conditions at peak spawning times, fishermen utilizing 2m x 10m fine-meshed gillnets each could obtain many kilograms of *ispi* in nightly catches.

In the vicinity of Lake Titicaca, fresh ispi are consumed by natives and also dried and sold for human consumption in the markets of the altiplano, as far away as Pisac in the Department of Cuzco. Prior to any future development of the ispi fishery, it would be desirable to define the large-scale distribution, abundance, species composition, and timing of ispi spawning in the littoral areas of Lake Titicaca through an experimental netting program. The information is required to develop strategies for the sustained harvest of the ispi resource and the avoidance of future overharvesting problems.

Secondarily the information would be valuable for refining estimates of the total potential fish yield from Lake Titicaca. For if the production of ispi is constrained by the availability of spawning sites, then the amount of suitable ispi spawning habitat in the littoral zone may well limit the total potential fish yield from the lake. This "spawning habitat limitation hypothesis" implies that the recruitment of ispi larvae from the littoral zone is more important than the amount of carbon produced in the pelagic zone in setting the upper limit on pelagic fish production in Lake Titicaca.