

-PN-AAW-131 476

CENTRO INTERNACIONAL DE ACUICULTUR
ESTACION EXPERIMENTAL DE AGRICULTURA AUBURN UNIVERSITY
R. DENNIS ROUSE, DIRECTOR AUBURN UNIVERSITY, ALABAMA
INVESTIGACION Y DESARROLLO SERIE NO. 27 PROYECTO: AID/LA-C-1176 SEPTIEMBRE 1980

DISEÑO DE ENCUESTAS DE EVALUACION DE CAPTURA POR MUESTREO (ECM) PARA EL MANEJO DE LA PESQUERIA EN LA PARTE ALTA DEL RIO META, COLOMBIA



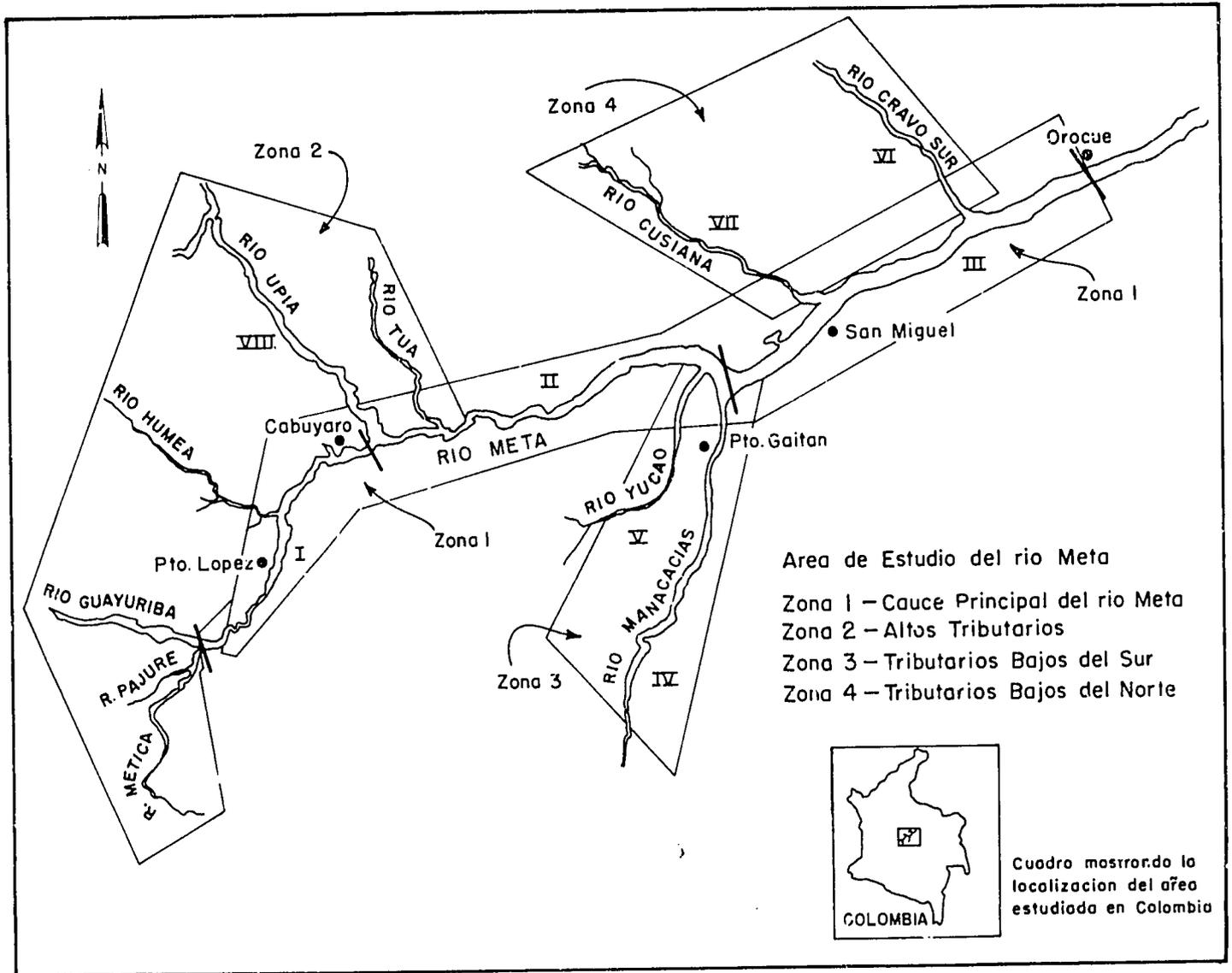


Figura 1). El área del Alto Río Meta mostrando las 10 zonas de la encuesta de cuadro evaluativo de 1977 (las zonas IX y X son lagunas situadas al norte y al sur del Río Meta respectivamente) y los cuatro estratos de la encuesta de evaluación de la captura por muestreo (ECM).

SUMARIO

La captura y los esfuerzos de la pesca en el Sistema del Alto Río Meta para el año hidrológico del 10 de Abril, 1978 al 9 de Abril, 1979 se estimaron usando encuestas de evaluación de la captura por muestreo (ECM). El diseño fue basado en los métodos de ECM que se usan en la Universidad de Auburn e incorporó los resultados de una encuesta "de cuadro evaluativo" o "de marco"¹ que se realizó durante el año hidrológico de 1977 en el Alto Río Meta.

La captura total en 1978 fue de 1,071,366 kilogramos provenientes de 126,334 días de Unidades Económicas de Pesca (días-UEP)² en donde 1 día-UEP fue equivalente a 1.8 días-pescador. La captura promedió por día-UEP fue de 8.1 kilogramos. El noventa y uno por ciento de la captura provino del río principal y tributarios superiores (70 por ciento y 21 por ciento respectivamente). Similarmente, el 88 por ciento del esfuerzo de pesca (días-UEP) se consumió en el río principal y tributarios superiores (70 por ciento y 18 por ciento respectivamente). Los esfuerzos de la captura y de la pesca en los tributarios más bajos, especialmente en aquellos situados al lado sur del Río Meta, fueron relativamente insignificantes.

La captura anual se distribuyó en forma pareja entre las épocas de aguas altas y bajas. Sin embargo, debido a que la duración de la época de aguas bajas fue el 71 por ciento de la de aguas altas, la captura diaria fue, en realidad, más alta durante el período de aguas bajas. Esto se debió principalmente a un esfuerzo diario de pesca incrementado dentro del estrato del río principal durante el período de aguas bajas. La captura por unidad de esfuerzo sólo cambió ligeramente de la estación de aguas altas (7.9 kilogramos por día-UEP) a la estación de aguas bajas (8.4 kilogramos por día-UEP).

El error estándar relativo (ESR) para el esfuerzo de pesca (9.9 por ciento) indicó que las muestras estaban proporcionando estimados relativamente precisos de esta variable sobre una base anual. La variación en el esfuerzo de pesca fue inherentemente baja ya que los pescadores artesanales viven cerca del río y su frecuencia de pesca cambia poco dentro de las estaciones. Los estimados de captura fueron, sin embargo, más variables, dando un ESR de 25.1 por ciento para el año; la variación más grande se encontró en la estación de aguas bajas (ESR = 44.4 por ciento). Se recomienda el

hacer una futura estratificación estacional para reducir la variación en los estimados de captura.

Se han delineado las futuras evaluaciones de captura por muestreo en el Alto Río Meta y se han definido dos itinerarios de muestreo dentro de los estratos de tiempo. El número de estratos de tiempo se incrementará de dos a cuatro con la adición de un estrato para la estación de las aguas crecientes y uno para la de las aguas decrecientes. Se recomienda el tomar seis muestras dentro de cada estrato de tiempo; debido a las necesidades logísticas del muestreo se tomarán dos o tres muestras durante un viaje individual al campo y los itinerarios de viaje se planearán sistemáticamente. El Alto Río Meta se dividirá en dos estratos geográficos: uno, compuesto de todos los tributarios y el otro, compuesto sólo del río principal. Se escogerán secciones de muestra con probabilidad no uniforme, siendo las muestras provenientes del estrato del río principal el doble en número que las provenientes del estrato tributario (cuatro muestras y dos muestras respectivamente).

Se recomienda la aplicación del muestreo de probabilidad no uniforme para las encuestas iniciales de todas las pesquerías de los ríos dentro del Sistema del Orinoco Colombiano. Un vuelo de pre-encuesta proveerá probabilidades de muestreo inicial basadas en el número de canoas contadas por sección y el estrato de tiempo inicial será el mismo que se definió para el Alto Río Meta. La definición de estrato y las probabilidades de muestreo para encuestas a realizarse más tarde se pueden enmendar basándose en la información reunida durante la encuesta inicial.

En este estudio se propone un programa de muestreo ECM de diez años para el Sistema del Orinoco Colombiano. El muestreo se realizará en el Alto Río Meta en años alternos (comenzando en 1978). Se muestrearán otros seis ríos del Orinoco, uno cada año, durante años alternos sucesivos comenzando en 1979. Estos otros ríos tienen mucho menos potencial para el desarrollo inmediato de la pesquería que el Alto Río Meta y, por lo tanto, ameritan menores esfuerzos de muestreo. Después de 1989 podría ser más factible la consolidación del muestreo, incluyendo dos o más pesquerías de ríos en un año y permitiendo así la recolección completa de los datos necesarios para un modelo Schaefer del excedente de rendimiento en todas las pesquerías del Sistema del Orinoco Colombiano dentro de los 15 a 20 años a partir de 1978. Se discuten, asimismo, los métodos para la obtención de los estimados de la máxima producción sostenible y del esfuerzo de pesca óptimo al nivel de comunidad basados en el modelo Schaefer del excedente de rendimiento.

¹ = frame survey

²UEP = FEU (Fishing Economic Unit)

CONTENIDO

	<i>Página</i>
SUMARIO	3
INTRODUCCION	5
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	5
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACION DE CAPTURA POR MUESTREO (ECM) EN EL ALTO RIO MEHA ...	5
Cálculo del Esfuerzo de Pesca Total	6
Cálculo del Promedio de la Captura Diaria por Unidad de Esfuerzo	7
Cálculo de la Captura Anual Total	8
Cálculos Finales de E y C Para 1978	9
Verificación del Estimado de Cosecha Anual (C) ...	9
Precisión Asociada con los Estimados de E, C y U ..	9
DISEÑO DE LAS ENCUESTAS DE EVALUACION DE CAPTURA POR MUESTREO ECM EN EL ALTO RIO MEHA	10
División del Sistema en Bloques de Tiempo y Estratos Geográficos	10
Muestreo Dentro de Bloques de Tiempo	11
Muestreo Dentro de Estratos Geográficos	11
Selección de Secciones de Río y Tributarios Para Propósitos de Muestreo	12
METODO PROPUESTO PARA REALIZAR LAS ENCUESTAS INICIALES DE OTROS RIOS IMPORTANTES EN LA REGION DE LOS LLANOS. ...	13
Evaluaciones Iniciales	13
Evaluaciones Subsiguientes	13
USO DEL MODELO GRAHAM-SCHAEFFER PARA MEDIR EL EXCEDENTE DE PRODUCCION EN EL MANEJO DE LA PESQUERIA DEL ALTO RIO MEHA	15
REFERENCIAS	16

PRIMERA EDICION 1980 - 1M

SEGUNDA EDICION (ESPAÑOL) 1981 - 1M

FOTO DE CUBIERTA. Un Biólogo del INDERENA entrevista a un exitoso pescador artesanal con el fin de reunir datos sobre la captura y el esfuerzo de pesca.

*La información aquí contenida está disponible para todos,
sin consideración de raza, color, sexo, o nacionalidad.*

Diseño de Encuestas de Evaluación de Captura por Muestreo (ECM) Para el Manejo de la Pesquería en la Parte Alta del Río Meta, Colombia

STEPHEN P. MALVESTUTO, RICHARD J. SCULLY, and FERNANDO GARZÓN F.*

INTRODUCCION

EL PROYECTO PESQUERO COOPERATIVO ENTRE EL INDERENA USAID UNIVERSIDAD DE AUBURN en Colombia solicitó la presencia del Dr. Stephen Malvestuto en Colombia para asesorar al Proyecto Pesquero de los Llanos Orientales entre el 15 y el 28 de Abril de 1979. El propósito específico y los resultados esperados de la visita eran:

Traer a Villavicencio un experto en análisis de encuestas de evaluación a fin de proporcionar fuerza adicional al análisis de los datos de la pesca en el río Meta acumulados durante dos años por medio de encuestas de evaluación de la captura por muestreo (ECM)¹. Se aplicaron esfuerzos adicionales para el estimado de la captura y del esfuerzo de la pesquería para consumo humano. Se dió asistencia específica a:

1. El mejoramiento del diseño experimental. Por ejemplo, al desarrollo de métodos para minimizar la variación en los estimados de captura, esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo.
2. Planificación e implementación del análisis y presentación de los resultados del Proyecto.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El principal objetivo del proyecto es el de presentar un enfoque racional para el manejo pesquero basado en el conocimiento del esfuerzo de pesca, la captura por unidad de esfuerzo y la captura total en las pesquerías. Al final, los datos obtenidos serán incorporados a un modelo de sobranes de la producción (Ricker 1975, Capítulo 13) para proporcionar un estimado de la producción máxima sostenible y del esfuerzo pesquero óptimo. Se han registrado las estadísticas tanto de la captura sobre la frecuencia de talla de los peces por especies capturadas, de la abundancia relativa de cada especie, así como de la frecuencia de la

*Respectivamente: Profesor Asistente, Investigator asociado del Departamento de Pesquerías y Acuicultura de la Universidad de Auburn, UEA; y Biólogo pesquero del INDERENA, Colombia, Sur América.

¹ECM = CAS = Catch Assessment Survey. Se da también la terminología en inglés en algunas partes de este reporte para ayudar a la comprensión de algunas expresiones que, teniendo su origen en el idioma inglés, son relativamente nuevas en español.

talla de las poblaciones en desove, para usarse como ayuda posterior en las futuras decisiones de manejo (Scully, et al 1980).

Inicialmente, durante los primeros 12 meses del programa, se recopilaron datos sobre captura y esfuerzo pesquero por el sistema de "cuadro evaluativo" de tal forma que cada una de las 10 zonas que conforman el área de estudio seleccionada (los 316 kilómetros navegables de alto río Meta y sus tributarios asociados) fuera evaluada una vez durante la fase de aguas altas (Abril 10

Noviembre 9) y otra durante la fase de aguas bajas (Noviembre 10

Abril 9) (Figura 1). Durante el segundo periodo de 12 meses, terminado el 9 de Abril de 1979, el área de estudio se dividió en estratos de muestreo de acuerdo a las características de: (1) variación de la muestra en la captura por unidad de esfuerzo pesquero, (2) costo del muestreo de cada estrato y, (3) intensidad del esfuerzo pesquero. Aquéllas áreas donde existía poca necesidad de estudio o que daban poca cantidad de información en relación al costo del muestreo recibieron poco o ningún esfuerzo de muestreo.

Este informe sugiere el desarrollo de un diseño más apropiado de evaluación de muestreo, que sea responsable o capaz de continuar el escrutinio del sistema del alto río Meta. El diseño, también, se orienta hacia el muestreo de otras pesquerías en el sistema del Orinoco. Los detalles de estos esfuerzos se presentan al final de este reporte junto con la bibliografía.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACION DE CAPTURA POR MUESTREO (ECM) DE 1978 EN EL ALTO RIO META

La ECM de 1978 en el alto río Meta se basó en una estratificación hecha en tiempo y en espacio. Específicamente, el año hidrológico del 10 de Abril 1978 - 9 Abril 1979 se dividió en dos estratos de tiempo (llamados bloques de tiempo) en donde el Bloque de Tiempo A se refiere al periodo de aguas altas (10 de Abril 1978 - 9 Noviembre 1978) y el Bloque de Tiempo B se refiere al periodo de aguas bajas (10 de Noviembre 1978 - 9 Abril 1979). El río y sus tributarios asociados se dividieron en tres estratos geográficos (áreas geográficas) en donde el Estrato 1 comprende el canal principal del alto río Meta, el Estrato 2 comprende los tributarios de la parte alta y, el Estrato 3 comprende los tributarios

Tributarios aislados y meandros (izquierda) y extensas barreras de arena dificultaron el acceso en algunos casos y el recorrido en otros.

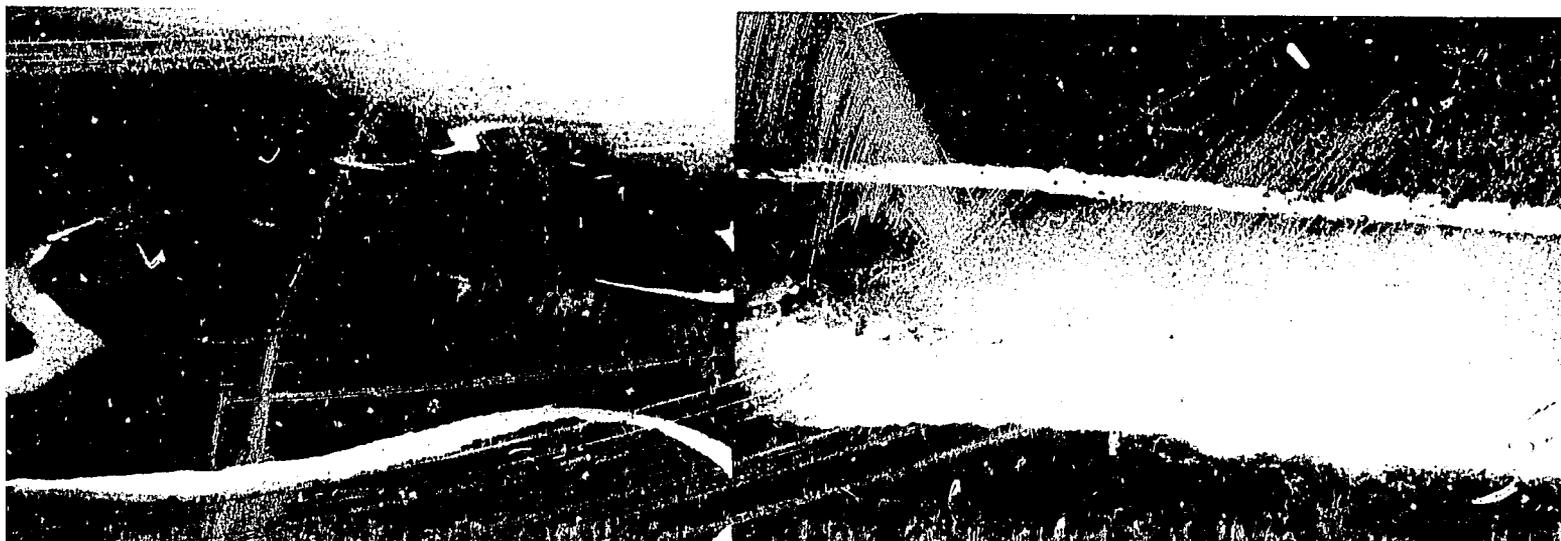


TABLA 1. NÚMERO DE MUESTRAS TOMADAS DE CADA ESTRATO GEOGRÁFICO (1, 2 Y 3) DURANTE CADA BLOQUE DE TIEMPO (A Y B) DURANTE LA ECM 1978.

Muestras Tomadas por Estrato Geográfico				
Bloque de Tiempo	1	2	3	Total
A	5	5	2	12
B.....	3	3	2	8
TOTAL	8	8	4	20

bajos del Sur (Figura 1). Los tributarios bajos del Norte, el río Cusiana y el río Cravo Sur (denominados como Estrato 4 en la Figura 1), no se incluyeron en la ECM de 1978 por contribuir poco a la captura y esfuerzo de 1977 y por ser extremadamente difíciles de muestrear durante el periodo de aguas bajas; no obstante, se ajustaron los estimados del esfuerzo y la captura de 1978 para incluir en los estudios la contribución de estos tributarios.

El canal principal del Río Meta en el Estrato 1 se dividió en tres secciones, a las cuales se dió probabilidades iguales (0.33) de ser escogidas para cualquier muestreo; del mismo modo, se dió a los tributarios individuales del Estrato 2 iguales probabilidades de ser escogidos (6 tributarios con probabilidad de 0.167 cada uno); y lo mismo se hizo con los tributarios del Estrato 3 (2 tributarios con probabilidad de 0.50 cada uno). La Tabla 1 da el número de muestras tomadas dentro de cada estrato geográfico durante los bloques de tiempo A y B. Debido a consideraciones de costos se muestrearon dos secciones del río principal o tres tributarios durante cada viaje de muestreo.

Cálculo de Esfuerzo de Pesca Total

Dentro de cualquier sección muestreada del río o sus tributarios (llamadas aquí Unidades de Muestreo = UM) el conteo del número total de canoas que pescan activamente (Unidad Económica de Pesca = UEP) proporcionaron un estimado del esfuerzo de pesca. Los pasos a tomar en la expansión de este estimado de esfuerzo por UM para un estimado del esfuerzo anual total para el sistema entero son los siguientes:

(1) Para cada bloque de tiempo se expande el número de UEP contado dentro de cada UM (E_{um}) a un número total diario de UEP para el estrato geográfico entero (E_{diario}) dividiendo E_{um} entre la probabilidad de muestra asociada con la UM particular. Por tanto, para cualquier estrato geográfico dado dentro de cualquier bloque de tiempo, el E_{diario} se calcula así:

$$E_{diario} = E_{um} / P_{um}$$

en donde P_{um} es la probabilidad asociada con la UM particular. Estos cálculos se muestran en la Tabla 2.

(2) Calcular el promedio del esfuerzo diario de pesca por estrato (\bar{E}_{diario}) dentro de cada bloque de tiempo promediando los totales de muestras (E_{diario}) calculados en la Tabla 2. Así, por cada estrato dado dentro de un bloque de tiempo dado, el esfuerzo diario (\bar{E}_{diario}) se calcula como

$$\bar{E}_{diario} = \frac{1}{n} \sum E_{diario}$$

en donde n es el número de UM muestreadas en el estrato específico dentro del bloque de tiempo específico. Estos cálculos se muestran en la Tabla 3.

(3) Calcular una varianza para cada \bar{E}_{diario} , ejemplo: un varianza del promedio, como

$$V_{\bar{E}} = \frac{1}{n(n-1)} [\sum E_{diario}^2 - (\sum E_{diario})^2 / n]$$

TABLA 2. EXPANSIÓN DEL ESFUERZO DE PESCA POR UM (E_{um}) A UN ESTIMADO DEL ESFUERZO DIARIO PARA UN ESTRATO GEOGRÁFICO ENTERO (E_{diario}) DENTRO DE CADA BLOQUE DE TIEMPO USANDO LAS APROPIADAS PROBABILIDADES DE MUESTREO (P_{um}).

BLOQUE DE TIEMPO A: AGUAS ALTAS		
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$	$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$	$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$
$76 \div 0.33 = 230$	$6.5 \div 0.167 = 39$	$8.7 \div 0.5 = 17$
$59 \div 0.33 = 179$	$19.1 \div 0.167 = 115$	$5.7 \div 0.5 = 11$
$62 \div 0.33 = 188$	$4.0 \div 0.167 = 24$	
$73 \div 0.33 = 221$	$0.8 \div 0.167 = 5$	
$58 \div 0.33 = 176$	$13.3 \div 0.167 = 80$	

BLOQUE DE TIEMPO B: AGUAS BAJAS		
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$	$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$	$E_{um} \div P_{um} = E_{diario}$
$139 \div 0.33 = 421$	$6.9 \div 0.167 = 41$	$4.9 \div 0.5 = 10$
$106 \div 0.33 = 321$	$12.2 \div 0.167 = 73$	$3.1 \div 0.5 = 6$
$63 \div 0.33 = 191$	$13.9 \div 0.167 = 83$	

* E_{um} = Expansión del Esfuerzo de Pesca por Unidad de Muestra (UM) = E_{su}

** P_{um} = Probabilidad de Muestreo por Unidad de Muestra = P_{su}

Los valores de $V_{\bar{E}}$ (con sumas intermedias) se dan también en la Tabla 3.

(4) Calcular el esfuerzo total diario para cada bloque de tiempo ($E_{total\ diario}$) sumando el \bar{E}_{diario} para cada estrato geográfico. Por tanto,

$$E_{diario\ total} = \sum \bar{E}_{diario}$$

Para el Bloque de Tiempo A:

$$E_{diario\ total} = 198.80 + 52.60 + 14.00 = 265.40 \text{ UEP y para el}$$

Bloque de Tiempo B:

$$E_{diario\ total} = 311.00 + 65.67 + 8.00 = 384.67 \text{ UEP.}$$

TABLA 3. CÁLCULO DEL PROMEDIO DEL ESFUERZO DE PESCA DIARIO POR ESTRATO (\bar{E}_{diario}) DENTRO DE CADA BLOQUE DE TIEMPO PROMEDIANDO LOS VALORES DE E_{diario} DE LA TABLA 2. (LOS VALORES DE $V_{\bar{E}}$ Y LOS CÁLCULOS INTERMEDIOS TAMBIÉN SE DAN).

BLOQUE DE TIEMPO A: AGUAS ALTAS		
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
$E_{diario} = 230$ UEP	39 UEP	17 UEP
179	115	11
188	24	
221	5	
176	80	

$\bar{E}_{diario} = 198.80$ UEP	$\bar{E}_{diario} = 52.60$ UEP	$\bar{E}_{diario} = 14.00$ UEP
$\sum E_{diario} = 994$	$\sum E_{diario} = 263$	$\sum E_{diario} = 28$
$(\sum E_{diario})^2 = 988,036$	$(\sum E_{diario})^2 = 69,169$	$(\sum E_{diario})^2 = 784$
$\sum E_{diario}^2 = 200,102$	$\sum E_{diario}^2 = 21,747$	$\sum E_{diario}^2 = 410$
$V_{\bar{E}} = 124.74$ UEP ²	$V_{\bar{E}} = 395.66$ UEP ²	$V_{\bar{E}} = 9.00$ UEP ²

BLOQUE DE TIEMPO B: AGUAS BAJAS		
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
$E_{diario} = 421$ UEP	41 UEP	10 UEP
321	73	6
191	83	

$\bar{E}_{diario} = 311.00$ UEP	$\bar{E}_{diario} = 65.67$ UEP	$\bar{E}_{diario} = 8.00$ UEP
$\sum E_{diario} = 933$	$\sum E_{diario} = 197$	$\sum E_{diario} = 16$
$(\sum E_{diario})^2 = 870,489$	$(\sum E_{diario})^2 = 38,809$	$(\sum E_{diario})^2 = 256$
$\sum E_{diario}^2 = 316,763$	$\sum E_{diario}^2 = 13,899$	$\sum E_{diario}^2 = 136$
$V_{\bar{E}} = 4,433.33$ UEP ²	$V_{\bar{E}} = 160.44$ UEP ²	$V_{\bar{E}} = 4.00$ UEP ²

(5) Calcular la varianza de $E_{\text{diario total}}$ para cada bloque de tiempo ($V_{E \text{ diario total}}$) sumando el V_E para cada estrato geográfico. Así:

$$V_{E \text{ diario total}} = \sum V_{E_i}$$

Para el Bloque de Tiempo A:

$V_{E \text{ diario total}} = 124.74 + 395.66 + 9.00 = 529.40 \text{ UEP}^2$ y para el Bloque de Tiempo B:

$$V_{E \text{ diario total}} = 4,433.33 + 160.44 + 4.00 = 4,597.77 \text{ UEP}^2.$$

La raíz cuadrada de $V_{E \text{ diario total}}$ para cada bloque de tiempo es el error standard de $E_{\text{diario total}}$ ($ES_{E \text{ diario total}}$). Por tanto, para el Bloque de Tiempo A, el

$$ES_{E \text{ diario total}} = \sqrt{529.40} = 23.01 \text{ UEP y para}$$

el Bloque de Tiempo B,

$$ES_{E \text{ diario total}} = \sqrt{4,597.77} = 67.81 \text{ UEP.}$$

(6) Calcular el esfuerzo total de pesca de cada bloque de tiempo (E_{bloque}) multiplicando cada $E_{\text{diario total}}$ por el número de días dentro del bloque de tiempo. El Bloque de Tiempo A contenía 214 días y el Bloque de Tiempo B contenía 151 días. Así, para el Bloque de Tiempo A:

$$E_{\text{bloque}} = 265.40 \text{ UEP} \times 214 \text{ días} = 56,796 \text{ UEP-días y para el}$$

Bloque de Tiempo B:

$$E_{\text{bloque}} = 384.67 \text{ UEP} \times 151 \text{ días} = 58,085 \text{ UEP-días.}$$

(7) El error standard de E_{bloque} para cada bloque de tiempo (ES_{bloque}) es igual a $ES_{E \text{ diario total}}$ multiplicado por el número de días contenido dentro de cada bloque de tiempo. Así, para el Bloque de Tiempo A:

$$ES_{E \text{ bloque}} = 23.01 \text{ UEP} \times 214 \text{ días} = 4,924 \text{ UEP-días, y para el}$$

Bloque de Tiempo B:

$$ES_{\text{bloque}} = 67.81 \text{ UEP} \times 151 \text{ días} = 10,239 \text{ UEP-días.}$$

El error standard relativo de E_{bloque} (ESR_{bloque}) se define como $(ES_{\text{bloque}} / E_{\text{bloque}}) \times 100$ y simplemente expresa el error standard del esfuerzo total como un porcentaje del esfuerzo total. Así, para el Bloque de Tiempo A:

$$ESR_{\text{bloque}} = (4,924 \text{ UEP-días} / 56,796 \text{ UEP-días}) \times 100 = 8.7\%$$

Bloque de Tiempo B:

$$ESR_{\text{bloque}} = (10,239 \text{ UEP-días} / 58,085 \text{ UEP-días}) \times 100 = 17.6\%$$

(8) El esfuerzo diario total para el año entero ($E_{\text{anual diario}}$) se calcula tomando la suma ponderada de $E_{\text{diario total}}$ de cada bloque de tiempo. Una ponderación por bloque de tiempo (P) se define para cada bloque de tiempo como el número de días contenido dentro del bloque de tiempo dividido entre el número total de días dentro del año. Por consiguiente, la ponderación para el Bloque de Tiempo A (P_A) = $214/365 = 0.59$ y la ponderación o peso para el Bloque de Tiempo B (P_B) = $151/365 = 0.41$. Cada $E_{\text{diario total}}$ se

multiplica por su respectiva ponderación (P) de Bloque de Tiempo y los valores resultantes se agregan. Por consiguiente,

$$E_{\text{anual diario}} = \sum P E_{\text{diario}}$$

En el caso presente,

$$E_{\text{anual diario}} = 0.59 (265.40) + 0.41 (384.67) = 314.30 \text{ UEP.}$$

El esfuerzo total anual (E) se calcula entonces multiplicando el $E_{\text{anual diario}}$ por el número de días en el año. Por tanto,

$$E = 314.30 \text{ UEP} \times 365 \text{ días} = 114,720 \text{ UEP-días.}$$

Cabe hacer notar que E también se puede estimar simplemente sumando los dos bloques de tiempo totales (E_{bloque}). Esto nos da $E = 56,796 + 58,085 = 114,881 \text{ UEP-días}$. El procedimiento dado arriba usando las ponderaciones de los bloques de tiempo permite el cálculo de $E_{\text{anual diario}}$ el cual puede llegar a ser una estadística sumarial muy útil.

(9) La varianza de $E_{\text{anual diario}}$ ($V_{E \text{ anual diario}}$) se calcula como la varianza ponderada de los valores de $V_{E \text{ diario total}}$, así que

$$V_{E \text{ anual diario}} = \sum P^2 V_{E \text{ diario total}}$$

Por consiguiente, en el caso presente,

$$V_{E \text{ anual diario}} = (0.59)^2 (529.40) + (0.41)^2 (4,597.77) = 957.17 \text{ UEP}^2.$$

La raíz cuadrada de $V_{E \text{ anual diario}}$ es igual al error standard de $E_{\text{anual diario}}$ ($ES_{E \text{ anual diario}}$) de modo que, en el caso presente,

$$ES_{E \text{ anual diario}} = \sqrt{957.17} = 30.94 \text{ UEP.}$$

El error standard de E (ES_E) es igual a $ES_{E \text{ anual diario}}$ multiplicado por el número de días dentro del año. Por consiguiente,

$$ES_E = 30.94 \text{ UEP} \times 365 \text{ días} = 11,292 \text{ UEP-días.}$$

El error relativo standard de E (ESR_E) es igual a $(ES_E / E) \times 100$, o sea $(11,292 \text{ UEP-días} / 114,720 \text{ UEP-días}) \times 100 = 9.8\%$.

Cálculo del Promedio de la Captura Diaria por Unidad de Esfuerzo

Para cualquier Unidad de Muestra (UM) dada se obtiene, por medio de entrevistas, un estimado de la captura por unidad de esfuerzo por día o los kilogramos de pescado capturado por UEP por día. Este valor se calcula dividiendo el peso total del pescado capturado por los entrevistados por el número total de UEP entrevistado y se toma para representar la captura por UEP para el estrato entero durante el día de la entrevista (U_{diaria}). Por consiguiente, a diferencia del modo de estimar el E_{diario} , la captura por unidad de esfuerzo medido dentro de cualquier UM dada no se expande por la probabilidad asociada con esa UM particular para dar un total para el estrato entero; el problema aquí es el obtener un estimado representativo de la cosecha diaria por UEP.

(1) Calcular una captura media por UEP día (\bar{U}_{diaria}) promediando los valores de U_{diaria} para cada estrato geográfico dentro de cada bloque de tiempo. Por consiguiente, \bar{U}_{diaria} para cualquier estrato dado dentro de cada bloque de tiempo se calcula como:

$$\bar{U}_{\text{diaria}} = \frac{1}{n} \sum U_{\text{diaria}}$$

Los valores de \bar{U}_{diaria} se dan en la Tabla 4.

(2) Calcular la varianza de cada \bar{U}_{diaria} siendo

$$V_{\bar{U}} = \frac{1}{n(n-1)} [\sum U_{\text{diaria}}^2 - (\sum U_{\text{diaria}})^2 / n]$$

Tabla 4. CÁLCULO DE LA \bar{U}_{diaria} PROMEDIANDO LOS VALORES DE LA U_{diaria} PARA CADA ESTRATO GEOGRÁFICO DENTRO DE CADA BLOQUE DE TIEMPO; LOS VALORES DE U_{diaria} SE ESTIMAN BASÁNDOSE EN LA CAPTURA Y EL ESFUERZO MEDIDOS POR MEDIO DE EN-REVISTAS (LOS VALORES DE $V_{\bar{U}}$ SE DAN TAMBIÉN).

BLOQUE DE TIEMPO A: AGUAS ALTAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$U_{diaria} = 11.39$	7.39	3.75	
6.25	13.56	3.75*	
3.28	7.50		
12.72	3.56		
8.36	4.56		
$\bar{U}_{diaria} = 8.40 \text{ kg/UEP}$ $\bar{U}_{diaria} = 7.31 \text{ kg/UEP}$ $\bar{U}_{diaria} = 3.75 \text{ kg/UEP}$			
$V_{\bar{U}} = 2.92 \text{ (kg/UEP)}^2$ $V_{\bar{U}} = 3.04 \text{ (kg/UEP)}^2$ $V_{\bar{U}} = 0.00 \text{ (kg/UEP)}^2$			
BLOQUE DE TIEMPO B: AGUAS BAJAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$U_{diaria} = 3.64$	3.31	2.12	
16.04	1.50	2.12*	
4.75	26.35		
$\bar{U}_{diaria} = 8.14 \text{ kg/UEP}$ $\bar{U}_{diaria} = 10.39 \text{ kg/UEP}$ $\bar{U}_{diaria} = 2.12 \text{ kg/UEP}$			
$V_{\bar{U}} = 15.96 \text{ (kg/UEP)}^2$ $V_{\bar{U}} = 63.98 \text{ (kg/UEP)}^2$ $V_{\bar{U}} = 0.00 \text{ (kg/UEP)}^2$			

*Los valores asumidos aquí se basan en la primera muestra.

Esta es una varianza del promedio y es exactamente análoga a la fórmula para $V_{\bar{U}}$ dada anteriormente. Los valores de $V_{\bar{U}}$ se dan también en la Tabla 4.

(3) Para calcular una U promedio sobre el estrato dentro de cada bloque de tiempo se pondera cada \bar{U}_{diaria} por la cantidad relativa de esfuerzo de pesca (el número relativo de UEPs) por estrato. En promedio, 71%, 24% y 5% de esfuerzo de pesca ocurrió en los estratos 1, 2 y 3 respectivamente, dando a los estratos una ponderación de 0.71 (P_1), 0.24 (P_2) y 0.05 (P_3). La captura media diaria ponderada por unidad de esfuerzo (\bar{U}_{diaria} ponderada) se calcula como:

$$\bar{U}_{diaria} \text{ ponderada} = \sum P \bar{U}_{diaria}$$

Por lo tanto, para el Bloque de Tiempo A:

$$\bar{U}_{diaria} \text{ ponderada} = 0.71(8.40) + 0.24(7.31) + 0.05(3.75) = 7.91 \text{ kg/UEP},$$

y, para el Bloque de Tiempo B:

$$\bar{U}_{diaria} \text{ ponderada} = 0.71(8.14) + 0.24(10.39) + 0.05(2.12) = 8.38 \text{ kg/UEP}.$$

(4) La varianza de la \bar{U}_{diaria} ponderada es una varianza ponderada de la media (V_P) y se calcula como:

$$V_P = \sum P^2 V_{\bar{U}}$$

Por consiguiente, para el Bloque de Tiempo A:

$$V_P = (0.71)^2(2.92) + (0.24)^2(3.04) + (0.05)^2(0.00) = 1.65 \text{ (kg/UEP)}^2,$$

y, para el Bloque de Tiempo B:

$$V_P = (0.71)^2(15.96) + (0.24)^2(63.98) + (0.05)^2(0.00) = 11.59 \text{ (kg/UEP)}^2.$$

La raíz cuadrada de V_P es el error standard de \bar{U}_{diaria} ponderada (ES_P). Por tanto, para el Bloque A,

$$ES_P = \sqrt{1.65} = 1.28 \text{ kg/UEP/día}$$

y para el Bloque de Tiempo B,

$$ES_P = \sqrt{11.59} = 3.40 \text{ kg/UEP/día}.$$

Los errores estándar relativos para la \bar{U}_{diaria} ponderada ($ESR_{\bar{U}}$) son $(1.28/7.91) \times 100 = 16.2\%$ y $(3.40/8.38) \times 100 = 40.6\%$ para el Bloque de Tiempo A y Bloque de Tiempo B respectivamente.

(5) Un estimado anual de la \bar{U}_{diaria} sobre los bloques de tiempo (U) se calcula ponderando cada \bar{U}_{diaria} ponderada por las ponderaciones del bloque de tiempo previamente definidas como 0.59 y 0.41 para los Bloques A y B respectivamente. Por consiguiente, en el caso presente,

$$U = 0.50(7.91) + 0.41(8.38) = 8.10 \text{ kg/UEP/día}.$$

La varianza de U (V_U) es la suma ponderada de V_P y se calcula como

$$V_U = (0.59)^2(1.65) + (0.41)^2(11.59) = 2.52 \text{ (kg/UEP/día)}^2.$$

El error estándar de U (ES_U) = $\sqrt{V_U} = \sqrt{2.52} = 1.59 \text{ kg/UEP/día}$. El ESR de U = $(1.59/8.10) \times 100 = 19.6\%$.

Cálculo de la Captura Anual Total

El cálculo de la captura anual total sigue el procedimiento dado para calcular el esfuerzo anual total. Los estimados de la captura diaria total para cada estrato muestreado (C_{diaria}) se calculan como el producto de $E_{diario} \times U_{diaria}$. Estos cálculos se presentan en la Tabla 5. La captura diaria promedio para cada estrato geográfico (\bar{C}_{diaria}) y la varianza ($V_{\bar{C}}$) de \bar{C}_{diaria} se calculan exactamente lo mismo que se calcularon \bar{U}_{diaria} y $V_{\bar{U}}$; el cálculo de la \bar{C}_{diaria} y los valores de $V_{\bar{C}}$ se dan en la Tabla 6.

La captura total diaria sobre todos los estratos dentro de cada bloque de tiempo (C_{diaria} total) es la suma de todas las \bar{C}_{diaria} . Para el Bloque de Tiempo A:

$$C_{diaria} \text{ total} = 1,727.00 + 480.60 + 54.00 = 2,261.60 \text{ kg},$$

y para el Bloque de Tiempo B:

$$C_{diaria} \text{ total} = 2,530.67 + 813.00 + 17.00 = 3,360.67 \text{ kg}.$$

La varianza de C_{diaria} total ($V_{C_{diaria} \text{ total}}$) es la suma de todas las $V_{\bar{C}}$. Por tanto, para el Bloque de Tiempo A:

$$V_{C_{diaria} \text{ total}} = 181,903.70 + 75,408.16 + 121.00 = 257,433 \text{ kg},$$

y para el Bloque de Tiempo B:

$$V_{C_{diaria} \text{ total}} = 1,750,503.45 + 475,471.00 + 16.00 = 2,225,990 \text{ kg}.$$

Tabla 5. CÁLCULO DE LA C_{diaria} COMO EL PRODUCTO DE E_{diario} Y LA \bar{U}_{diaria} PARA CADA ESTRATO GEOGRÁFICO.

BLOQUE DE TIEMPO A: AGUAS ALTAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	
230 × 11.39 = 2619	39 × 7.39 = 288	17 × 3.75 = 65	
179 × 6.25 = 1119	115 × 13.56 = 1554	11 × 3.75 = 43	
118 × 3.28 = 616	24 × 7.50 = 180		
221 × 12.72 = 2810	5 × 3.56 = 17		
176 × 8.36 = 1471	80 × 4.56 = 364		
BLOQUE DE TIEMPO B: AGUAS BAJAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	$E_{diario} \times U_{diaria} = C_{diaria}$	
421 × 3.64 = 1533	41 × 3.31 = 137	10 × 2.12 = 21	
321 × 16.04 = 5152	73 × 1.50 = 110	6 × 2.12 = 13	
191 × 4.75 = 907	83 × 26.35 = 2192		

TABLA 6. CÁLCULO DE LA \bar{C}_{diaria} PROMEDIANDO LOS VALORES DE C_{diaria} PARA CADA ESTRATO GEOGRÁFICO DENTRO DE CADA BLOQUE DE TIEMPO (SE DAN TAMBIÉN LOS VALORES DE $V\bar{C}$).

BLOQUE DE TIEMPO A: AGUAS ALTAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$C_{diaria} = 2,619$	288	65	
1,119	1,554	43	
616	180		
2,810	17		
1,471	364		
$\bar{C}_{diaria} = 1,727 \text{ kg}$	$\bar{C}_{diaria} = 480.60 \text{ kg}$	$\bar{C}_{diaria} = 54.0 \text{ kg}$	
$V\bar{C} = 181,903.70 \text{ kg}^2$	$V\bar{C} = 75,408.16 \text{ kg}^2$	$V\bar{C} = 121.00 \text{ kg}^2$	
BLOQUE DE TIEMPO B: AGUAS BAJAS			
Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	
$C_{diaria} = 1,533$	137	21	
5,152	110	13	
907	2,192		
$\bar{C}_{diaria} = 2,530.67 \text{ kg}$	$\bar{C}_{diaria} = 813.00 \text{ kg}$	$\bar{C}_{diaria} = 17.00 \text{ kg}$	
$V\bar{C} = 1,750,503.45 \text{ kg}^2$	$V\bar{C} = 475,471.00 \text{ kg}^2$	$V\bar{C} = 16.00 \text{ kg}^2$	

Los errores standard de la C_{diaria} total son $\sqrt{257,433} = 507.38 \text{ kg}$ y $\sqrt{2,225,990} = 1,492 \text{ kg}$, para los Bloques de Tiempo A y B respectivamente.

Usando descripciones análogas y cálculos dados para calcular el esfuerzo total de pesca (pág 11): $C_{bloque} = 483,982 \text{ kg}$ para el Bloque de Tiempo A y $507,461 \text{ kg}$ para el Bloque de Tiempo B. Los valores respectivos de ES_{bloque} son $108,579 \text{ kg}$ y $225,292 \text{ kg}$, dando 22.4% y 44.4% por valores de ESR_{bloque} .

Un estimado anual de la C_{diaria} (C_{diaria} anual) se calcula como la suma ponderada de los valores de C_{diaria} total en donde los factores previos ponderados de $P_A = 0.59$ y $P_B = 0.41$ se usan otra vez. Por tanto, para el dato presente,

$$C_{anual\ diaria} = (0.59) (2,261.60) + (0.41) (3,360.67) = 2,712.22 \text{ kg.}$$

La captura anual total (C) = $C_{anual\ diaria} \times 365 \text{ días} = 989,960 \text{ kg}$. La varianza de la $C_{anual\ diaria}$ ($V_{anual\ diaria}$) se calcula como la suma ponderada de los valores de $V\bar{C}$ de modo que la $V_{anual\ diaria} = (0.59)^2 (257,433) + (0.41)^2 (2,225,990) = 463,801 \text{ kg}^2$. El error standard de $C_{anual\ diaria} = \sqrt{V_{anual\ diaria}} = \sqrt{463,801} = 681.03 \text{ kg/día}$. El error standard de $C = 681.03 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días} = 248,576 \text{ kg/día}$. El ESR para C es $(248,576 \text{ kg} / 989,960 \text{ kg}) \times 100 = 25.1\%$.

Cálculos Finales de E y C Para 1978

Debido a que los dos tributarios más bajos del norte (el Río Cusiana y el Río Cravo Sur) no fueron muestreados durante las ECM de 1978, los estimados de E y C calculados arriba deberán expandirse para incluir estos ríos. Las ECM de 1977 indican que para el Bloque de Tiempo A, estos dos tributarios contribuyeron con un 12% del total del esfuerzo y con el 10% del total de la captura. Para el Bloque de Tiempo B, estos dos tributarios contribuyeron con el 6% del esfuerzo total y el 5% de la captura total. Cuando los estimados del bloque de tiempo en captura y esfuerzo para 1978 se expanden un poco hacia arriba por estos porcentajes, los estimados del esfuerzo total y la captura total por bloques de tiempo son:

Bloque de Tiempo A: esfuerzo total = $64,541 \text{ UEP-días}$
captura total = $537,758 \text{ kg}$

Bloque de Tiempo B: esfuerzo total = $61,793 \text{ UEP-días}$
captura total = $537,758 \text{ kg}$

Sumando los estimados indicados arriba para la captura y el

esfuerzo en los bloques de tiempo dados, los siguientes valores ajustados de la captura anual total (C) y el esfuerzo anual total (E) se

$$C = 1,071,366 \text{ kg}$$

$$E = 126,334 \text{ UEP-días}$$

Los errores standard asociados con los estimados de 1978 se pueden expandir hacia arriba por los mismos porcentajes para que el ESR dado anteriormente permanezca invariable.

El estimado anual de U a como se había calculado previamente se aceptará como un valor representativo para el sistema entero. La Tabla 7 nos da los valores finales estimados de E , C y U para los bloques de tiempo y para el año entero.

TABLA 7. ESTIMADOS DEL ESFUERZO TOTAL (E), CAPTURA TOTAL (C) Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (U) POR BLOQUES DE TIEMPO Y PARA EL AÑO ENTERO DE ENCUESTAS (1978) EN EL ALTO RÍO META (TAMBIÉN SE DAN LOS ERRORES STANDARD RELATIVOS ESR).

Artículo	Bloque de Tiempo A	Bloque de Tiempo B	Anual
$C \text{ (kg)} =$ (ESR)	537,758 (22.4%)	533,608 (44.4%)	1,071,366 (25.1%)
$E \text{ (UEP-días)} =$ (ESR)	64,541 (8.7%)	61,793 (17.6%)	126,334 (9.8%)
$U \text{ (kg/UEP/día)} =$ (ESR)	7.91 (16.2%)	8.38 (40.6%)	8.10 (19.6%)

Verificación del Estimado de Cosecha Anual (C)

Welcomme (1976) encontró que cuando la cosecha anual (C) en toneladas métricas tomada de varios ríos africanos se ploteaba contra el área de la cuenca del río (A) en kilómetros cuadrados, se obtenía la siguiente relación exponencial por medio de técnicas de regresión:

$$C = 0.1326A^{0.8533} \quad (r^2 = 90\%),$$

indicando que el área de la cuenca del río es buena para predecir la cosecha anual. Welcomme asumió que los estimados de cosecha que estaban a su alcance venían de áreas de ríos en donde la pesca era lo "suficientemente intensa para atraer la atención de los administradores de pesca y los biólogos", probablemente representando importantes canales del río.

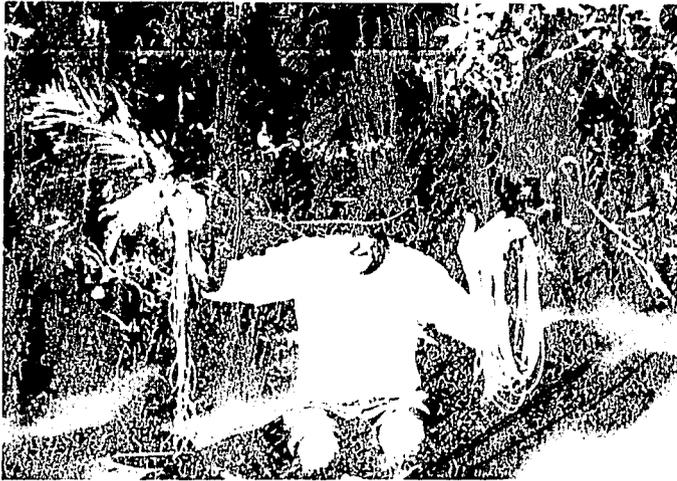
El estimado de la cosecha anual de la ECM de 1978 en el Alto Río Meta fue de aproximadamente 1,071 toneladas métricas; sin embargo, sólo unas 751 toneladas métricas se podrían atribuir al caudal principal del río (Estrato 1). Dado que la cuenca del Alto Río Meta es de aproximadamente unos 20,000 kilómetros cuadrados, la ecuación de Welcomme predice una cosecha anual de

$$C = 0.1326 (20,000)^{0.8533} = 620 \text{ toneladas métricas,}$$

la cual está dentro del 20% de la ECM estimada de 751 toneladas métricas provenientes del canal principal del río. Aunque la cercanía de estos dos valores no verifica necesariamente la exactitud de nuestro estimado en un sentido real, es animador el saber que el diseño de las encuestas está proporcionando estimados razonables de cosecha relativa a otros sistemas de ríos tropicales de tamaño similar.

Precisión Asociada con los Estimados de E, C y U

En la Tabla 7 se indica que la precisión de los estimados de E , C y U es significativamente más baja (los ESR son más altos) durante



Los pescadores del Río Meta emplean una gran variedad de equipo de pesca: arriba — un hombre de edad muestra anzuelos y líneas desde una pequeña canoa tallada; abajo — un pescador lanza una atarraya de 30 pies de diámetro.

el periodo de aguas bajas que durante el periodo de aguas altas. Los ESR menores del 20% pueden considerarse aceptables para las encuestas de evaluación de captura por muestreo (ECM) en sistemas acuáticos grandes (Malvestuto et al. 1978), aunque cuanto más pequeño sea el ESR, mejor. Un ESR de 20% indica que el intervalo de 95% de confianza será de aproximadamente el 40% del promedio, lo cual es un poco grande; un ESR del 10% da un intervalo de 95% de confianza aproximadamente del 20% de la media, lo cual es más deseable. El ESR asociado con el estimado anual de E es, por consiguiente, más aceptable; los ESR para los valores anuales totales de C y U se espera puedan mejorarse. El enfoque básico para mejorar la variabilidad de los estimados de C y U será el estratificar en el futuro el año hidrológico en bloques de tiempo más homogéneos. Los Bloques de Tiempo A y B, aunque llamados los periodos de aguas altas y bajas respectivamente, también incluyen periodos de aguas crecientes y decrecientes que tienden a hacer estos dos bloques de tiempo más heterogéneos de lo que se podría desear. La sección siguiente presenta un diseño mejorado de ECM para el Alto Río Meta, lo cual deberá mejorar la precisión de los estimados de C y U, así como los de E.

DISEÑO ECM PARA LA CONTINUACION DE LAS PRUEBAS DE PESQUERIA DEL ALTO RIO META

Los diseños de muestreo pueden variar desde los relativamente simples hasta aquéllos muy complejos. La complejidad del diseño depende del propósito que tenga la investigación. Las encuestas de

evaluación de captura por muestreo en sistemas acuáticos naturales, se dirigen hacia la obtención de estimados exactos y sin prejuicio; de la captura total (C), el esfuerzo total (E) y la captura por unidad de esfuerzo (U) con base anual. El sistema se puede formar de distintos componentes, por ejemplo, tipos de habitat, grupos de población, enfoques diferentes de pesca, para los cuales son preferibles los estimados independientes de C, E y U.

Los administradores de pesquerías no sólo se preocupan de la exactitud de sus estimados, sino también de la precisión o la variabilidad de sus estimados. Los estimados altamente variables, por ejemplo aquéllos que tienen errores standard relativamente grandes, son de poco valor para propósitos de manejo o de investigación. Con el objeto de proveer estimados relativamente precisos y, por tanto, útiles el diseño ECM deberá considerar la variabilidad natural dentro del sistema. Los sistemas acuáticos pueden ser altamente variables debido a las fluctuaciones ambientales (cambios estacionales, por ejemplo) y la dinámica de las poblaciones de peces (crecimiento, reclutamiento y mortalidad). Aún más, los pescadores responderán a cambios tanto en el sistema biológico como en las contingencias sociales, económicas y culturales, añadiéndose con ello otro componente de variación al sistema entero que se esté estudiando; en este caso, la pesquería. Por tanto, el diseño de ECM puede llegar a ser, por necesidad, relativamente complejo de contabilizar, o controlar estadísticamente, siendo esta variabilidad ya prevista para considerar estimados precisos de C, E y U.

Las ventajas, en términos de exactitud y precisión, provistas por un diseño apropiadamente complejo pueden, en un sentido real, ser totalmente inexistentes si el diseño necesita recursos (como tiempo, dinero, recurso humano) que no pueda razonablemente proveerse. En este sentido, aunque se sacrifiquen algunas ganancias, el diseño se deberá hacer prácticamente en términos de apoyo y capacidades gubernamentales; el hacer una evaluación funcional que se esfuerce por poder asesorar una pesquería que es, o se espera que sea, un recurso valioso, es realmente mejor que el no hacer evaluación alguna.

La consideración principal de este programa propuesto, en términos de diseñar una ECM para el manejo continuado de la pesquería del Alto Río Meta, es que el diseño sea apropiado en relación a la capacidad de apoyo del INDERENA. Afortunadamente, esta consideración no parece imposibilitar la oportunidad para obtener estimados que sean lo suficientemente precisos para propósitos de manejo, a como indican los errores standard relativos asociados con los estimados de C, E y U de la ECM de 1978. (Ver la sección "Precisión asociada con los estimados de E, C y U"). El diseño que presentamos aquí utiliza los resultados de la ECM de 1978 para estratificar el sistema de una manera más eficiente en relación a la heterogeneidad natural de la pesquería en tiempo y en espacio. A pesar de que la terminología estadística está altamente desarrollada, nos hemos esforzado en presentar el diseño lo más simple posible para facilitar su comprensión y futura aplicación.

División del Sistema en Bloques de Tiempo y Estratos Geográficos

Las fluctuaciones hidrológicas estacionales en el sistema fluvial de Colombia se han documentado muy bien, especialmente en lo que respecta al río Magdalena (Bazigos, Kapetsky y Granados, 1975; Bazigos, Kapetsky, Granados y Escobar, 1977; Chapman, 1977). Estas fluctuaciones se basan en patrones estacionales pluviales que, a su vez, determinan los patrones biológicos asociados con el comportamiento migratorio de las poblaciones de peces. Últimamente, el pescador responde a estos patrones cíclicos de modo que los estimados de C, E y U tienden a variar altamente durante el año hidrológico (definido aquí del 1 de Abril al 31 de Marzo). El diseño de encuestas toma en cuenta estas variaciones

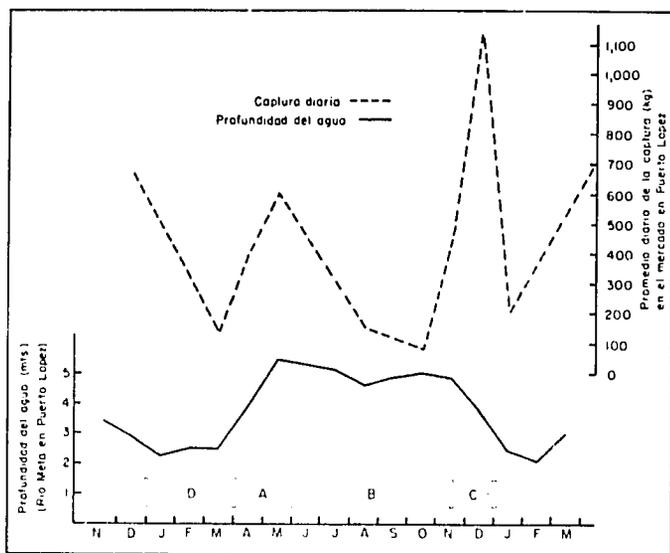


Figura 2). Relación de la profundidad del agua del Río Meta en Puerto López a la cantidad de pescado vendido en el año Noviembre 1977 — Abril 1979. Se definen los bloques de tiempo (A-D) propuestos para encuestas pesqueras.

estacionales dividiendo el año en periodos estacionales relativamente homogéneos correspondientes a los periodos hidrológicos expuestos por el sistema fisico-biológico. Por consiguiente, en el Alto Río Meta, se pueden definir los siguientes estratos estacionales:

- A: Aguas Crecientes (1 Abril-31 Mayo = 61 días)
- B: Aguas Altas (1 Junio 15 Noviembre = 168 días)
- C: Aguas Decrecientes (16 Noviembre 31 Diciembre = 46 días)
- D: Aguas Bajas (1 Enero 31 Marzo = 90 días)

Una indicación de los cambios que ocurren entre estos bloques de tiempo se presenta en la Figura 2, la cual muestra las fluctuaciones estacionales en la profundidad del río, a la vez que las fluctuaciones estacionales en el peso diario del pescado desembarcado en Puerto López (Diciembre 1977 — Marzo 1979). Parece ser que, en términos del peso del pescado desembarcado por día, los periodos más cortos que corresponden a la subida y baja de las aguas representan los periodos de éxito pesquero más intensivo; los periodos de aguas altas y aguas bajas son de menor importancia, con una pequeña diferencia entre ellos al producir el periodo de aguas bajas una cosecha un poco más alta que la del promedio en el periodo de aguas altas.

La variación dentro de la pesquería no es sólo aparente estacionalmente, sino que lo es también geográficamente al ser influenciada por diferentes habitats del río, especialmente en lo referente al lecho principal del río comparado con los tributarios. A diferencia del sistema del río Magdalena, las ciénagas no se encuentran bien desarrolladas en el sistema del Alto Río Meta y no se observó ningún esfuerzo pesquero significativo en estas lagunas cenagosas dentro de la marcha de la encuesta de 1977. El presente diseño, por lo tanto, sugiere que la división del Sistema del Alto Río Meta se haga solamente en dos estratos geográficos, a saber:

- I Río Meta Principal
- II Tributarios

Las ventajas de la estratificación son dobles. Primero, los estimados independientes de C, E y U obtenidos de cada estrato (bloques de tiempo y geográficos) pondrían ayudar a caracterizar al sistema más detalladamente, proporcionando así una mejor comprensión de cómo se desarrollan los diferentes componentes

del sistema y cómo funcionan relativamente entre sí. Segundo, dado que el estrato representa segmentos relativamente homogéneos del sistema, los estimados obtenidos independientemente dentro de los segmentos serán más precisos (o menos variables) que si se muestreara el sistema entero de una vez (ver Cochran, 1977, Capítulo 5).

Muestreo Dentro de Bloques de Tiempo

Lo práctico del muestreo del Alto Río Meta durante 1977 y 1978 sugiere que no es razonable el esperar que se puedan tomar más de seis muestras dentro de un solo bloque de tiempo dado. Además, el tiempo, mano de obra y costos asociados con el viaje al río sugieren que tampoco es razonable tomar una sola muestra durante un solo viaje, sino que es más razonable el tomar dos o tres muestras a la vez; lo cual indica que se deberán planear dos o tres viajes de muestreo para que se puedan tomar un total de seis muestras dentro de cada bloque de tiempo. Parece razonable el sugerir que durante los bloques de tiempo más pequeños (A y C), se planeen dos viajes de tres muestreos cada uno y que, durante los bloques de tiempo más largos (B y D) se planeen tres viajes de dos muestreos cada uno.

Aunque el diseño requiere un número de muestras iguales dentro de cada bloque de tiempo, y que los bloques son de diferente duración, la intensidad del muestreo, en realidad, difiere de bloque a bloque. Específicamente, la intensidad de muestreo en una base diaria es inversamente proporcional al número de días dentro del bloque de tiempo. Por ejemplo, si las seis muestras estuvieran espaciadas parejamente dentro de cada bloque de tiempo, las muestras se habrían tomado así:

- Bloque A: Una muestra cada 10 días
- Bloque B: Una muestra cada 28 días
- Bloque C: Una muestra cada 9 días
- Bloque D: Una muestra cada 15 días

Por consiguiente, los Bloques A y C se están muestreando más intensamente lo cual se justifica y es recomendable ya que la intensidad diaria pesquera es mayor durante estos dos periodos (de aguas crecientes y decrecientes). El Bloque D se muestreará a un nivel intermedio y el bloque B al nivel más bajo que corresponde a los niveles intermedio y bajo del éxito pesquero tal como indican las tasas diarias de captura de los desembarques de pescado en Puerto López (Figura 2). Este esquema permite la expansión de los esfuerzos de muestreo durante los periodos más importantes del año relativos a la captura diaria deseada. Esto es lógico, ya que uno de los objetivos principales de la encuesta es el determinar la captura lo más exacta y precisamente posible.

Teóricamente, es recomendable que los periodos de muestreo (durante los cuales se hacen los viajes de muestreo) se escojan al azar dentro de los bloques de tiempo. Sin embargo, la experiencia indica que esto es una esperanza poco factible, ya que la asignación de fondos para trabajos de campo requiere un promedio de tres a cuatro semanas entre cada viaje de encuesta. En cuanto a hacerlos al azar, se recomienda, pues, espaciar los viajes de muestreo tan uniformemente como sea posible dentro de cada bloque de tiempo. Debido a que las fechas exactas de los periodos hidrológicos anuales variarán de año a año se sugiere para el futuro que los viajes de muestreo dentro de los bloques de tiempo se planeen de acuerdo a los cambios observados en el nivel del agua del río en vez de registrarse por fechas preconcebidas y fijas que podrían ser no aplicables a algún año dado o a ninguno.

Muestreo Dentro de Estratos Geográficos

Hay dos estratos geográficos que son: Río Principal (I) y Tributarios (II) dentro de cada bloque de tiempo. Por



consiguiente, las seis muestras dentro de cualquier bloque de tiempo dado se deberán asignar a los Estratos I y II. Cochran (1977, p. 98) da tres criterios básicos para la asignación de los esfuerzos de muestreo: Dentro de un estrato dado, tomar una muestra más grande (1) si el estrato es mas grande, (2) si es internamente mas variable y (3) si el muestrear resulta más barato en este estrato. Estos tres criterios se pueden combinar en una simple fórmula que básicamente dice que el tamaño relativo de una muestra para un estrato dado es =

$$\frac{\text{Tamaño Relativo del Estrato} \times \text{Variación Relativa}}{\sqrt{\text{Costo Relativo}}}$$

La Tabla 8 da los valores de tamaños relativos de estrato, variación relativa y costo asociado relativo a los estratos del río principal y el tributario según se estimaron en la ECM de 1978. La medida apropiada de tamaño relativo de estrato es la fracción de la captura anual provista por cada estrato; la variación relativa se mide por el coeficiente de variación (CV) de la captura total

Tabla 8. VALORES DE CAPTURA RELATIVA (CA), VARIACIÓN RELATIVA (CV) Y COSTO RELATIVO POR MUESTRA (CM) PARA LOS ESTRATOS DEL RÍO PRINCIPAL Y TRIBUTARIOS. TAMAÑO RELATIVO DE MUESTRA (TM) = CA / CV / √CM

Estrato	CA	CV	CM	TM*
I: Río Principal	0.65	0.66	0.47	0.25
II: Tributarios35	.70	.53	.13

*Los valores de TM solamente se pueden interpretar en relación del uno al otro, por ejemplo, se deberá tomar más o menos el doble de muestras en el Estrato I en relación al Estrato II.

TM = Tamaño Relativo de Muestra = RS = Relative Sample Size
 CA = Captura Relativa = CA = Relative Catch
 CV = Variación Relativa de Captura = CV = Relative Variation of Catch
 CM = Costo de Muestra o Muestreo = CS = Relative Cost per Sample

Los hogares de los pescadores a la orilla del río se mantienen secos y altos durante la estación de aguas bajas. Durante la estación de aguas altas estos hogares serán inundados con frecuencia a profundidades de medio metro o más.

estimada; y el costo relativo es la fracción del costo total atribuible al muestreo de cada estrato (o basándose en "por cada muestra")². En la tabla es evidente que la variación interna (CV) y el costo relativo por muestra (CM) son, en esencia, las mismas para los dos estratos de modo que el tamaño relativo de muestra (TM) se vuelve principalmente una función de la captura relativa (CA). Los valores para el tamaño relativo de muestra indican que se deben tomar más o menos el doble de muestras en el estrato del Río Principal que en el estrato tributario (0.25 ≈ 2 × 0.13). Ya que se deben tomar seis muestras dentro de cada bloque de tiempo, la información arriba enunciada nos indica que se deberán tomar cuatro muestras del estrato del río principal y dos muestras del estrato tributario. Esta distribución de esfuerzo de muestreo es la óptima en términos de tamaño relativo, variación y costo por muestra dentro de los dos estratos respectivos.

Selección de Secciones del Río y Tributarios Para Muestreo

Hasta aquí, el diseño de muestreo requiere que se tomen seis muestras dentro de cada bloque de tiempo, dos de las cuales serán muestras de tributarios y cuatro serán muestras del río principal. Por consiguiente, dentro de cada bloque de tiempo, se deberán escoger dos tributarios y cuatro secciones del río. La validez estadística dicta que los tributarios y las secciones del río se escojan al azar. Es lógico que los más importantes tributarios y, asimismo, las más importantes secciones del río tendrán mayor oportunidad o probabilidad de ser escogidos que aquellas áreas de menor importancia. Es, asimismo, lógico el considerar que estas probabilidades deberán ser proporcionales a la intensidad de pesca exhibida en estas áreas. La medida más fácil de la intensidad de pesca es el esfuerzo de pesca expresado como el número de canoas (o número de unidades económicas de pesca UEP)¹. Sin embargo,

²on a "per sample" basis

TABLA 9. PROBABILIDADES Y RANGOS DE NÚMEROS AL AZAR PARA LA ELECCIÓN AL AZAR DE LAS SECCIONES DEL RÍO META (ESTRATO I) Y TRIBUTARIOS INDIVIDUALES (ESTRATO II) (BASADOS EN LA CAPTURA RELATIVA).

Sección de Río o Tributario	Probabilidad	Números al Azar
Estrato I		
1: Boca Guayuriba -- Pto. López ...	0.17	1-17
2: Pto. López -- boca Upia	0.17	18-34
3: Boca Upia -- Pt. Guadalupe	0.17	35-51
4: Pto. Guadalupe -- Boca Manacacias	0.17	52-68
5: Boca Manacacias -- San Pedro ..	0.17	69-85
6: San Pedro -- Orocué	0.17	86-00
Estrato II		
1: Humca	0.09	1- 9
2: Tua	0.47	10-56
3: Pajure	0.01	57
4: Metica	0.11	58-69
5: Guayuriba	0.05	69-73
6: Upia	0.08	74-81
7: Yucao	0.03	82-84
8: Manacacias	0.05	85-89
9: Cusiana	0.06	90-95
10: Cravo Sur	0.05	96-00

mientras el número relativo de canoas y las clases de equipo de pesca por canoa difieran dentro del sistema, la UEP como unidad de esfuerzo puede engañarnos. En este caso, la captura relativa debe ser una mejor medida de la intensidad de la pesca relativa donde la captura es una función tanto del número de canoas como del poder de pesca por canoa (así como todos los otros factores ambientales que podrían causar diferencias en la abundancia de la capacidad de captura de los peces entre las diferentes unidades de muestreo).

Los datos de la captura se encuentran disponibles en las encuestas de 1977 y 1978 del Alto Río Meta y sus tributarios. Las probabilidades de muestreo pueden, por lo tanto, basarse en la captura relativa, o en el porcentaje de captura total, aportados por cada tributario dentro del estrato tributario y cada sección dentro del estrato del río principal. En la Tabla 9 se dan estas probabilidades. El Alto Río Meta se dividió en seis secciones a cada una de las cuales se dió una probabilidad igual de ser escogida para cualquier muestra dado que la encuesta anterior había indicado que la captura se había distribuido uniformemente a través de toda la cuenca principal del Alto Río Meta. Las probabilidades asociadas con tributarios individuales varían considerablemente dependiendo de sus contribuciones independientes a la captura total. La Tabla 9 da también los rangos de números al azar apropiados para las probabilidades dadas. O sea que, cuando se escoge al azar una sección del río principal o un tributario para muestra, el número al azar escogido de una tabla de números al azar (entre uno y cien) necesariamente caerá en uno de los rangos dados en la Tabla 9; ese rango particular se puede entonces asociar con un tributario particular o una sección de río usando la tabla. Por consiguiente, para cada bloque de tiempo se escogerán cuatro números al azar para dar cuatro secciones de río dentro del Estrato I y, asimismo, se escogerán dos números al azar para dar dos tributarios dentro del Estrato II. Este procedimiento de muestreo al azar (muestreo de probabilidad no uniforme) se usó para obtener el programa de muestreo en el Alto Río Meta para 1980, que se muestra en la Tabla 10.

³Unidad Económica de Pesca (UEP) = (FEU) Fishing Economic Unit

TABLA 10. PROGRAMA DEL MUESTREO DE 1980 EN EL ALTO RÍO META. (LAS SECCIONES INDIVIDUALES DEL RÍO Y DE SUS TRIBUTARIOS SE ESCOGIERON AL AZAR USANDO LAS PROBABILIDADES DADAS EN LA TABLA 9).

Bloque de Tiempo	Estrato I: Río Meta*	Estrato II: Tributarios
A	1 5 1 5	Upia Tua
B	2 6 5 4	Cravo Sur Humca
C	4 1 4 6	Tua Tua
D	1 3 1 3	Manacacias Humca

*Los números de las secciones del río corresponden a los dados en la Tabla 9.

METODO PROPUESTO PARA REALIZAR LAS ENCUESTAS INICIALES DE OTROS RIOS IMPORTANTES EN LA REGION DE LOS LLANOS

Evaluaciones Iniciales

El muestreo de probabilidad estratificada no uniforme se puede aplicar a encuestas iniciales de sistemas al azar de ríos diferentes del Alto Río Meta por medio del uso de bloques de tiempo estacionales y estratos geográficos propuesto en la sección anterior. Las probabilidades pueden basarse en el conteo de canoas (UEP) hecho durante vuelos sobre el área de estudio propuesta a la iniciación de las encuestas actuales. Los bloques de tiempo se pueden definir basándose en la información del Río Meta, asumiéndose que existan ciclos hidrológicos similares en todas las áreas de los Llanos Orientales y que las comunidades de peces y pescadores responden asimismo de una manera similar. En las nuevas áreas de estudio (por ejemplo, el río Orinoco principal o el río Inírida) el año inicial de muestreo deberá asignar dos tercios de esfuerzo de muestreo a un estrato del río principal y un tercio a un estrato tributario a corio se propuso para el Alto Río Meta.

Una unidad de muestreo (UM) práctica dentro de un estrato de río principal podría ser una sección de 50 km de río principal y las unidades de muestreo dentro del estrato tributario se pueden definir en una base de tributario individual. La probabilidad de muestrear cualquier UM dada dentro de un estrato será proporcional al número de canoas contadas en el vuelo de encuesta previa en relación al número total de canoas en el estrato entero. Tentativamente, se podrían tomar cuatro muestras en un estrato de río principal y dos muestras en un estrato de tributario a como se sugirió para la encuesta propuesta para el Alto Río Meta. Los datos resultantes se pueden analizar usando los métodos detallados que se presentan comenzando en la página 5.

Evaluaciones Subsiguientes

La decisión de: (1) usar una fracción de muestreo de dos tercios en un estrato de río principal y un tercio en un estrato de tributario, (2) usar sólo los dos estratos descritos arriba, (3) usar conteos aéreos de canoas para determinar las probabilidades de muestreo



Captura substancial de grandes bagres arribando al muelle principal de Puerto López. El pez grande que se está pesando es un valentón.

y, (4) usar cuatro bloques de tiempo estacionales a como se definió anteriormente, se basa en los resultados de la encuesta del Alto Río Meta y en la factibilidad de obtener conteos de canoas por medio de vuelos aéreos. Después del año inicial de una ECM en un área dada de estudio probablemente se garantizará la creación de nuevas probabilidades de muestreo para futuras encuestas. Estas nuevas probabilidades y posiblemente nuevos estratos de tiempo y espacio servirán para aumentar la precisión de los estimados resultantes de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo. Por consiguiente, se ofrece un tipo de información nuevo y más

confiable, el cual debería ser usado para mejorar los diseños de encuestas de muestreo.

Se propone que todos los ríos mayores del sistema del Orinoco Colombiano, además del intensamente muestreado Alto Río Meta, se evalúen una vez en los próximos diez años. Aquí proponemos que se realizan encuestas de evaluación por muestreo en el orden siguiente:

- 1978 Alto Río Meta (completada)
- 1979 Alto Río Guaviare (en progreso)
- 1980 Alto Río Meta
- 1981 Bajo Río Meta
- 1982 Alto Río Meta
- 1983 Bajo Río Guaviare
- 1984 Alto Río Meta
- 1985 Río Orinoco y los Tributarios Vichada y Tomo
- 1986 Alto Río Meta
- 1987 Río Inirida
- 1988 Alto Río Meta
- 1989 Río Arauca

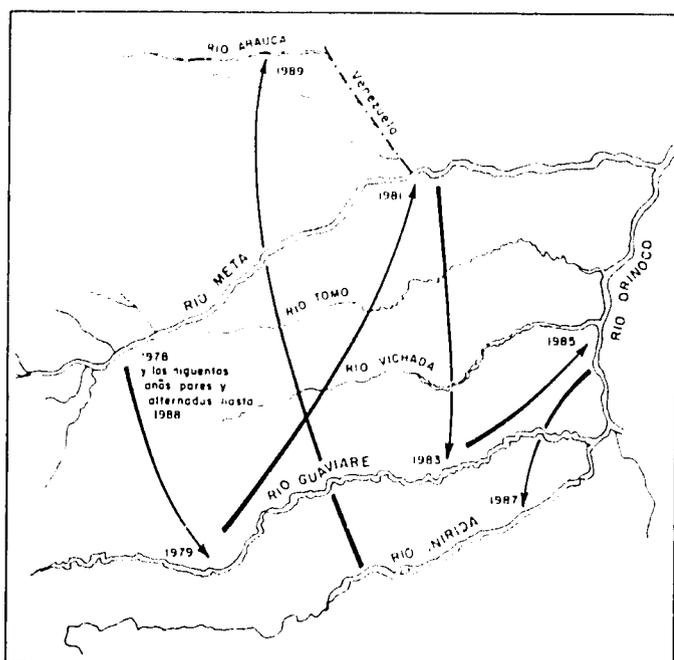


Figura 3). El Sistema del Río Orinoco Colombiano mostrando el ciclo propuesto de encuestas de captura por muestreo sobre el período de 10 años, 1979-89.

Estos sistemas de ríos y los trabajos de encuestas propuestos en ciclos se muestran en la Figura 3. Como puede verse en el plan de encuestas de 10 años arriba indicado, el Alto Río Meta se muestrearán en años alternos pares y los otros sistemas se muestrearán durante los años impares. Este programa proveerá información continua sobre el Alto Río Meta de modo que se puedan manejar los cambios a corto plazo en el desarrollo de la pesquería. Los otros sistemas de ríos, que asumimos tienen en la actualidad una pesquería menos importante que la del Alto Río Meta, serán muestreados con mucha menor frecuencia pero siempre adecuadamente, considerando su asumido bajo nivel de explotación y tasa de desarrollo más lenta.

Se espera que después de 1989, si el muestreo y las facilidades administrativas mejoran, se podrán incorporar en una sola región de encuestas áreas tales como el Alto y el Bajo Meta o todo el Guaviare y el Inirida de modo que, la segunda ronda de encuestas necesaria para completar los modelos de exceso de producción (descritos en la siguiente sección) se puedan llevar a cabo con mayor rapidez.



El mejoramiento de la carretera de Puerto López a Villavicencio aumentará la accesibilidad del pescado cosechado en el Alto Río Meta a centros de población en Villavicencio y Bogotá. Como resultado, la presión de pesca aumentará dramáticamente en un futuro cercano.

USO DEL MODELO EXCEDENTE DE PRODUCCION DE GRAHAM-SCHAEFER PARA EL MANEJO DE LA PESQUERIA DEL ALTO RIO META

Los modelos para medir el excedente de rendimiento son particularmente valiosos durante las etapas iniciales de una investigación de pesquerías para hacer evaluaciones preliminares antes de que se hayan podido obtener más datos biológicos. Son también de importante ayuda cuando hay escasez o inexistencia de datos biológicos pero se pueden obtener datos de la captura y el esfuerzo. Su mayor ventaja radica en que estos modelos sólo requieren para su aplicación los datos de la captura y el esfuerzo. Los otros métodos primarios para optimizar la explotación de las aguas son los modelos de pozas dinámicas (dynamic pools) los cuales intentan describir una determinada población explotada en relación a los parámetros básicos de reclutamiento, crecimiento y mortalidad. Estos parámetros son típicamente difíciles y caros de medir y en ciertas situaciones ni siquiera se pueden medir del todo, como son las relaciones entre edad y crecimiento en los ecosistemas tropicales.

El modelo Graham-Schaefer para medir el excedente de rendimiento postula que el reclutamiento, crecimiento y mortalidad dependen de la biomasa de la población de peces (o sea que éstos son dependientes de la densidad) tanto que estos parámetros se pueden combinar en una sola función común. Esta función predice la tasa de cambio de población basada solamente en la media del tamaño de la población durante un periodo de tiempo en el que la población se encuentre estable o en equilibrio con la pesquería, o sea, cuando las tasas de crecimiento y reclutamiento se encuentren exactamente balanceadas por las tasas de mortalidad natural y de pesca. El tamaño de la población media, por lo tanto, se asume como una función de la presión de la pesca; por lo cual, un tamaño dado de población o biomasa está asociado con un cierto nivel de esfuerzo de pesca. El tamaño de la población y su nivel de esfuerzo de pesca asociado determinan la cantidad de rendimiento disponible para la pesquería. En un sentido biológico, esta producción es la biomasa excedente a la que se necesita para reemplazar exactamente la población y es, por esto, llamada rendimiento excedente o exceso de producción (surplus yield).

En teoría, el rendimiento se toma como una función parabólica

de la biomasa a como se indica en la Figura 4. La máxima biomasa (B_{max}) es la capacidad del ambiente de soportar, o el tamaño de la población que puede ser soportado antes de la llegada de la pesca. La pesca actúa como reductora de la B_{max} a una biomasa más baja (B) y la población entonces responde produciendo una biomasa excedente en un esfuerzo por retornar a la B_{max} . Esta biomasa excedente estará disponible para la pesca como rendimiento y, si este exceso se cosecha, la biomasa de la población permanecerá estable en B . De la curva hipotética de la Figura 4 es evidente que el máximo excedente de rendimiento se obtiene cuando la biomasa de la población llega a ser igual a $B_{max}/2$ o sea, 50% de la capacidad de soporte del sistema no pescada. Cuando B se reduce a un nivel más bajo que $B_{max}/2$ por la pesca, el rendimiento caerá debajo del rendimiento máximo sostenible (RMS) y si la presión de pesca no llegase a ser lo suficientemente grande para que B sea mayor que $B_{max}/2$, entonces el rendimiento caerá otra vez bajo el RMS.

En términos de regulación de una pesquería dada, es obviamente deseable el conocer la $B_{max}/2$. Aún más importante es el conocer el nivel de esfuerzo de pesca asociado con la $B_{max}/2$. Este nivel de esfuerzo pesquero es el nivel óptimo para la pesquería (E_{OPT})¹ y, si

RMS = MSY: Maximum Sustainable Yield

¹ E_{OPT} = Nivel Optimo de Esfuerzo de Pesca = Optimum Level of Fishing Effort

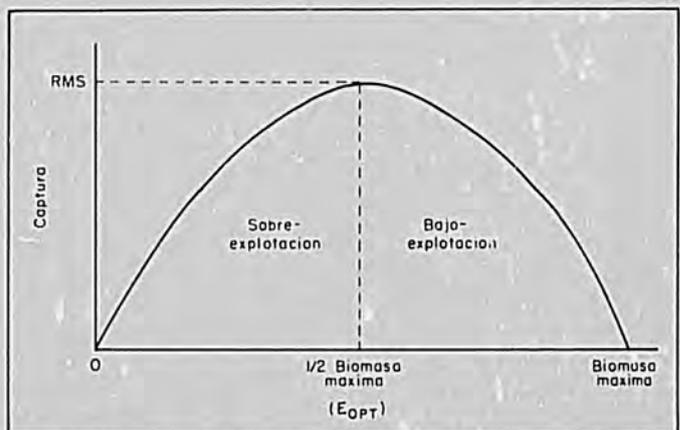


Figura 4). Diagrama mostrando la producción como una función parabólica de la biomasa de población. E: máximo rendimiento sostenible (RMS) y el esfuerzo óptimo de pesca (E_{OPT}) se obtienen en $B_{max}/2$. Ver el texto para mejor explicación.

se mantiene, proveerá, teóricamente, el RMS. Afortunadamente, se ha demostrado matemáticamente (Ricker, 1975, sección 13.3) que el E_{opt} se puede determinar con facilidad simplemente obteniendo los valores de la captura por unidad de esfuerzo (kilogramos de pescado capturado por unidad de pesca U) y esfuerzo (E) durante por lo menos dos periodos cuando la pesca se haya estabilizado; o sea, durante dos periodos, al menos, en los cuales el esfuerzo sea constante, o esté cambiando sólo muy gradualmente. Estos periodos deberán ser razonablemente de por lo menos 3 años de duración para poder asegurar que la comunidad de peces que se está explotando haya llegado al equilibrio biológico con la pesca. Cuando los valores de equilibrio de U son regresivos a los valores de equilibrio de E por los dos (o más) periodos de equilibrio usando la ecuación lineal $U = a - bE$, entonces $E_{opt} = a/2b$, o sea, el óptimo nivel del esfuerzo de pesca simplemente iguala al rendimiento-intercept (y-intercept) (a), dividido por dos veces la inclinación (b), en donde a y b se determinan de la ecuación de regresión lineal. Adicionalmente, el rendimiento máximo sostenible (RMS) se puede calcular como: $RMS = a^2/4b$.

La dificultad general en el uso del método arriba indicado es que el desarrollo o expansión de la pesca puede llegar a ser tan rápido que los periodos de equilibrio, o periodos cuando el esfuerzo es relativamente constante por un mínimo de 3 años, podría no llegar a ocurrir. Sin embargo, parece que la pesca comercial del Alto Río Meta ha permanecido estable durante los últimos años de modo que los estimados de E y U de la ECM de 1978 pueden usarse como el primer juego de valores de equilibrio. Estos valores (redondeados), de la Tabla 7, son:

$$E = 126,300 \pm 12,400 \text{ días UEP}$$

$$U = 8.10 \pm 1.60 \text{ kg/UEP·día}$$

Es muy posible que esté por venir un segundo juego de valores de equilibrio de E y U en un futuro próximo con la pavimentación de la carretera de Villavicencio a Puerto López. El mejoramiento de los sistemas de transporte estimula el incremento de la oferta y demanda y lleva eventualmente a un incremento de la explotación del recurso pesquero. Cuando esté pavimentada la carretera de Villavicencio a Puerto López, la facilidad con que se podrá transportar el pescado a Villavicencio y Bogotá aumentará considerablemente. La demanda de pescado en estas áreas es alta y, ya que el precio del pescado aumenta con la distancia a las fuentes del mismo, los pescadores se animarán a aumentar el suministro de pescado y, de aquí, incrementar la explotación. El último resultado previsto es que el esfuerzo de pesca incrementará considerablemente en el Alto Río Meta cuando se pavimente la carretera; la situación será entonces ideal para la obtención de otro

juego de valores de equilibrio de E y U (asumiendo que se establezca nuevamente la pesquería). Por lo tanto, parece que la situación actual, en términos de planes de desarrollo futuros en los Llanos Orientales, es ideal para el uso del modelo de exceso de rendimiento de Graham-Schaefer como instrumento de manejo de la pesquería del Alto Río Meta.

Cabe señalar que, dado el presente estado de conocimiento relativo de la dinámica de la comunidad de peces del Río Meta, el enfoque del exceso de rendimiento es el único método disponible para estimar un nivel óptimo de esfuerzo de pesca y su RMS asociado. El método puede parecer muy simple, pero ya se ha aplicado a poblaciones de especies múltiples en lagos africanos con resultados prometedores (Turner 1978).

REFERENCIAS

- BAZIGOS, G. P., J. M. KAPFISKY Y J. GRANADOS. 1975. Integrated Sampling Designs for the Complex Inland Fishery of the Magdalena River Basin, Colombia. FI: DP/COL/72/552 Papel de Trabajo No. 4. 58 pgs.
- BAZIGOS, G. P., J. M. KAPFISKY, J. GRANADOS Y J. ESCOBAR. 1977. The Present State of the Fishery of the Magdalena River Basin, Colombia. FI: DP/COL/72/552 Papel de Trabajo No. 2. 30 pgs.
- CHAPMAN, D. W. 1977. Total Harvest and Economic Value of the Fishery of the Rio Magdalena and Flood Plain System. Reporte Final a la FAO: COL 552.
- COCHRAN, W. G. 1977. Sampling Techniques. John Wiley and Sons, New York. 428 pgs.
- MAIVESTUO, S. P., W. D. DAVIES Y W. L. SHELTON. 1978. An Evaluation of the Roving Creel Survey with Nonuniform Probability Sampling. Trans. Am. Fish. Soc. 108:257-262.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 191. 382 pgs.
- SCULLY, R. J., M. A. TORRES, F. GARZON FRANCO Y M. C. BLANCO. 1980. Manejo de la Pesquería de los Peces de Consumo en la Parte Alta del Río Meta. Parte I. Investigaciones Sobre la Pesquería de la Parte Alta del Río Meta. Informe al INDERENA, Bogotá, Colombia. Universidad de Auburn/USAID Proyecto No. 11a-c1176.
- TURNER, J. L. 1978. Status of Various Multispecies Fisheries of Lake Victoria, Tanganyika and Malawi Based on Catch and Effort Data. Páginas 4-15 en R. L. Welcomme, ed. Symposium on River and Flood Plain Fisheries in Africa. Papel Internacional CIFA No. 5. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- WELCOMME, R. L. 1976. Some General and Theoretical Considerations on the Fish Yield of African Rivers. J. Fish. Biol. 8:351-364.