

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL
REUNIÓN SOBRE LA ELABORACIÓN DE ÍNDICES DE ABUNDANCIA
DE DATOS DE CAPTURA Y ESFUERZO DE CERCO

La Jolla, California (EE.UU.)
3-5 de noviembre de 2004

INFORME

Compilado por Mark N. Maunder

AGENDA

1. Introducción
2. Las pesquerías del OPO y datos
 - 2.1 Resumen de las pesquerías (Everett)
 - 2.2 Las pesquerías del OPO desde la perspectiva de un capitán de pesca (Stephenson)
 - 2.3 La pesquería sobre plantados desde la perspectiva del observador (Román)
 - 2.4 Resumen de los datos de la pesquería (Suter)
 - 2.5 Resumen de los datos de los observadores (Vogel)
 - 2.6 Resumen del comportamiento de los peces y datos (presentado por Hoyle, de parte de Schaefer y Fuller)
3. Resumen del análisis de los datos de CPUE
 - 3.1 Enfoques tradicionales de CPUE (Maunder)
 - 3.2 Uso de datos de CPUE por la CIAT en el pasado (Hoyle)
 - 3.3 Uso de datos de captura y esfuerzo en A-SCALA y sensibilidad del modelo (Maunder)
4. Investigación
 - 4.1 Incorporación de datos oceanográficos (Langley)
 - 4.2 Modelar la abundancia de atunes en objetos flotantes anclados en el Océano Pacífico oriental tropical (Harley y Maunder*)
 - 4.3 Plantados como atractores (Maunder)
 - 4.4 Contar plantados (Hoyle, Lennert-Cody, y Maunder)
 - 4.5 Efectos de comunicación entre pescadores sobre la CPUE como índice de abundancia (Dreyfus)
 - 4.6 Abundancia de captura incidental derivada de abundancia “conocida” de atún patudo (Newman, Olson, y Maunder*).
 - 4.7 Pesquerías japonesas de cerco en el Pacífico norte, consideraciones para la evaluación del atún aleta azul (Yamada)
 - 4.8 Modelo estadístico basado en hábitat para estandarizar la CPUE palangrera (Maunder y Hinton)
5. Discusión de métodos para elaborar índices de abundancia de datos de captura y esfuerzo de cerco
 - 5.1. ¿Cuál es la base de la expectativa que los datos de CPUE provean información sobre la abundancia en las pesquerías de cerco 1) asociadas con delfines, 2) no asociadas, y 3) sobre objetos flotantes?
 - 5.2. ¿Existe una medida de esfuerzo apropiada para la CPUE cerquera 1) asociada con delfines, 2)

* no presentado por el primer autor

- no asociada, y 3) sobre objetos flotantes?
- 5.3. ¿Han incrementado los avances tecnológicos la capturabilidad en las pesquerías de cerco 1) asociadas con delfines, 2) no asociadas, y 3) sobre objetos flotantes?
 - 5.4. ¿Son nuestras técnicas actuales capaces de estimar incrementos en la capturabilidad de las pesquerías de cerco?
 - 5.5. ¿Cuáles datos deberían ser tomados para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?
 - 5.6. ¿Cuáles son los métodos más prometedores para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?
 - 5.7. Marcaje de plantados

PARTICIPANTES

CIAT

MARK MAUNDER (Presidente)

ROBIN ALLEN

WILLIAM BAYLIFF

RICHARD DERISO

MARTIN HALL

MICHAEL HINTON

SIMON HOYLE

CLERIDY LENNERT

MARLON ROMÁN

JENNY SUTER

PATRICK TOMLINSON

NICKOLAS VOGEL

SPC

ADAM LANGLEY

Francia

DANIEL GAERTNER

Centre Halieutique Méditerranéen et Tropical

Japón

NAOZUMI MIYABE

YUKIO TAKEUCHI

HARUMI YAMADA

National Research Institute of Far Seas Fisheries

México

MICHEL DREYFUS

Instituto Nacional de la Pesca-PNAAPD

Estados Unidos

PAUL CRONE

SUZIE KOHIN

TIM GERODETTE

KEVIN PINER

DALE SQUIRES

NMFS - SWFSC

KEITH BIGELOW

PIERRE KLEIBER

NMFS – PIFSC

RUSSELL NELSON

Billfish Foundation

RICHARD STEVENSON

CAPITÁN, B/P *CONNIE JEAN*

1. Introducción

Robin Allen, Director de la CIAT, hizo una breve introducción de la reunión, y Mark Maunder, el presidente, hizo unos breves comentarios adicionales. La CIAT convoca cada año una reunión técnica sobre un tema de importancia relevante para la evaluación de las poblaciones de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental (OPO). El tema de la presente reunión surge de las necesidades de la investigación identificadas en la revisión científica anual celebrada en mayo de 2004.

Los índices de abundancia elaborados de datos de captura y esfuerzo son unas de las formas más comunes de información sobre las tendencias de la biomasa usadas en la evaluación de las poblaciones. Esto vale particularmente para aquellos atunes y peces picudos para los que no se dispone de estudios independientes de la pesca. Los estudios de marcado proveen información sobre la abundancia, pero en general, no se dispone de estudios de marcado completos para estas especies, y no se ha realizado ninguno en el OPO.

Los índices de abundancia son usados en los modelos de evaluación de poblaciones para proveer información con la cual estimar los parámetros del modelo, usados a su vez para estimar las cantidades para la asesoría de ordenación (por ejemplo, el rendimiento máximo sostenible). El método usado actualmente para las evaluaciones de las poblaciones de atunes en el OPO, A-SCALA, usa información sobre captura y esfuerzo de varias pesquerías para proveer información sobre la abundancia. Cada una de estas pesquerías captura un conjunto de edades algo diferente, por lo que es deseable información de múltiples pesquerías para obtener información sobre peces de todas edades. Los datos de captura y esfuerzo de las pesquerías de cerco usados actualmente en A-SCALA son simplemente captura por día de pesca.

Recientemente se ha enfocado en elaborar índices de abundancia basados en los datos de captura y esfuerzo de la flota palangrera japonesa. En general, estos reflejan los individuos más grandes de la población. Los métodos usados incluyen estandarización basada en hábitat (HBS), estandarización estadística basada en hábitat (statHBS), árboles de regresión, y redes neuronales. Estos métodos fueron elaborados principalmente para incorporar la mayor profundidad de los palangres con el tiempo a medida que cambiaron para incrementar las capturas de atún patudo. Los modelos basados en hábitat y el método de redes neuronales combinan la profundidad del palangre con las condiciones ambientales y la preferencia de hábitat de la especie.

Las evaluaciones recientes del atún patudo en el OPO indicaron un reclutamiento pobre y una mortalidad por pesca alta para los individuos más jóvenes. Ya que las pesquerías de cerco capturan patudos pequeños, los índices de abundancia basados en los datos de captura y esfuerzo de estas pesquerías podrían mejorar la evaluación del atún patudo. Estos índices de abundancia podrían también mejorar las evaluaciones de los atunes barrilete y aleta amarilla, ya que no se dispone de índices de abundancia basados en palangre para el primero, y la captura palangrera forma tan sólo una pequeña porción de la captura del segundo. Hay tres tipos de lance cerquero en el OPO: 1) lances sobre cardúmenes no asociados, 2) lances sobre atunes asociados con objetos flotantes, y 3) lances sobre atunes asociados con delfines. Cada uno de estos tipos puede plantear problemas particulares y necesitar un método diferente.

Los índices de abundancia históricos elaborados sobre la base de datos de captura y esfuerzo de atunes con red de cerco en el OPO han incluido tasas de captura sencillas comparadas con un una clase estándar de buque y modelos lineales que miden el esfuerzo en días de pesca u horas de búsqueda. Sin embargo, han ocurrido muchos avances tecnológicos, y la introducción de dispositivos para agregar peces (plantados) con radiobalizas ha transformado la naturaleza del tiempo de búsqueda en la pesquería sobre objetos flotantes. Por lo tanto, son necesarios métodos nuevos para la elaboración de los índices de abundancia, particularmente para las pesquerías sobre plantados. La presente reunión fue organizada para facilitar la elaboración de métodos para producir índices de abundancia a partir de datos de captura y esfuerzo de cerco.

A fin de enfocar las discusiones, se plantearon seis preguntas al principio de la reunión.

1) ¿Cuál es la base de la expectativa que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) provea información

sobre la abundancia en las pesquerías de cerco a) asociadas con delfines, b) no asociadas, y c) sobre objetos flotantes?

- 2) ¿Existe una medida de esfuerzo apropiada para la CPUE cerquera a) asociada con delfines, b) no asociada, y c) sobre objetos flotantes?
- 3) ¿Han incrementado los avances tecnológicos la capturabilidad en las pesquerías de cerco a) asociadas con delfines, b) no asociadas, y c) sobre objetos flotantes?
- 4) ¿Son nuestras técnicas actuales capaces de estimar incrementos en la capturabilidad de las pesquerías de cerco?
- 5) ¿Cuáles datos deberían ser tomados para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?
- 6) ¿Cuáles son los métodos más prometedores para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?

En su [72ª reunión](#), la Comisión brindó orientación adicional durante la discusión del [Documento IATTC-72-13, *Marcado de dispositivos agregadores de peces*](#), que presenta una propuesta del personal para un sistema de marcado de plantados. La propuesta fue hecha en el contexto de medidas para ampliar los conocimientos de los plantados y manejarlos mejor, y el marcado de este tipo de arte es apoyado por FAO y otros acuerdos internacionales. La Comisión discutió este tema y acordó remitirlo al Grupo de Trabajo sobre las Evaluaciones de Poblaciones para su consideración, ya que pertenece en la categoría de toma de datos. Algunos participantes pensaron que la propuesta era más apropiada para plantados anclados, y que eran necesarias más investigaciones de otras artes también, tales como los palangres, mientras que otros apoyaron la propuesta porque mejoraría la investigación de los plantados, lo cual podría reducir la captura de atún patudo pequeño.

2. Las pesquerías del OPO y datos

2.1. Resumen de las pesquerías (E. Everett)

Ed Everett presentó un resumen de las pesquerías de cerco en el OPO. En los primeros años de la pesquería la mayor parte de la captura fue lograda con caña y anzuelo, pero para mediados de la década de los 1960 la mayoría de estos barcos de carnada cambió a arte de cerco. En esos tiempos los buques de EE.UU. tomaban la mayor parte de la captura. Las capturas fueron en aumento, alcanzando un pico a fines de los años 1970, disminuyendo a principios de la década siguiente, y aumentando sustancialmente a partir de mediados de los años 1990, debido a un aumento aparente en la abundancia del atún aleta amarilla y a la expansión de la pesca sobre plantados. Para entonces la flota era multinacional, y en esencia ya no había buques de EE.UU. en la pesquería. Han ocurrido cambios sustanciales en el tamaño de los buques y en la tecnología usada.

Tal como se comentó previamente, hay tres tipos de lance cerquero en el OPO, sobre atunes no asociados, atunes asociados con objetos flotantes, y atunes asociados con delfines. Cada uno de estos tipos puede plantear problemas particulares y necesitar un método diferente. En general, los buques se dedican a pescar sobre objetos flotantes (principalmente plantados) o sobre delfines, y pescan atunes no asociados si se les presenta la oportunidad.

2.2. Las pesquerías del OPO desde la perspectiva de un capitán de pesca (R. Stephenson)

El Capitán Dick Stephenson presentó información sobre los aspectos operacionales de la pesca de atunes asociados con plantados y con delfines. Describió los métodos usados para buscar los atunes y capturarlos, y cómo han cambiado con el tiempo y se diferencian entre distintos buques. Describió, entre otros, el uso de helicópteros, lanchas, radar de pájaros, la pasteca, postes para anillos, y la maniobra de retroceso para liberar delfines, los problemas que pueden ocurrir, como colapsos de la red, y el proceso de cargar el pescado a bordo del buque con el salabardo.

Entre sus comentarios destaca lo siguiente:

- a. La mayor eficacia del salabardo reduce el tiempo necesario para cargar el pescado y aumenta la cantidad que se puede capturar en un lance. Originalmente se realizaba el salabardo con la panga, pero ahora se usa un pescante montado en el buque. La capacidad de los salabardos ha aumentado de 1,5 a 5 toneladas.
- b. Los plantados han cambiado de radiobalizas, fáciles de detectar, a sistemas activados por teléfonos móviles, aparatos de GPS sigiloso, y boyas con ecosondas.
- c. Los capitanes individuales tienen sus propios sistemas. Por ejemplo, el Capitán Stephenson usa luces de colores (verde, rojo, blanco, y azul) en los plantados para atraer a los atunes. Se cree que las luces rojas y blancas atraen al barrilete, y las azules y rojas al patudo.
- d. En el caso de atunes grandes, las especies pueden ser identificadas a partir de la señal de la ecosonda y el comportamiento del cardumen. Con la ecosonda en el barco se puede determinar si los peces son grandes o pequeños, la densidad del cardumen, y su posición con relación al plantado. Es difícil distinguir el patudo pequeño del barrilete, pero el patudo grande tiene una señal diferente.
- e. El comportamiento de los atunes depende de la hora del día: en la mañana se encuentran en una bola muy densa alrededor del plantado, pero al mediodía están esparcidos en la superficie.
- f. El comportamiento del patudo varía con la fase luna: hay más patudo cerca de la superficie tres días antes y después de la luna llena.
- g. El Capitán Stephenson generalmente tiene 30 plantados en el agua y 8 en el buque; los buques más grandes pueden tener hasta 200. Si encuentra un plantado con mucho atún, se lanzan los plantados en el buque al agua en esa zona. Normalmente se dejan unas 15 millas entre plantados, y se colocan 4 en un 'bloque', perpendiculares a la corriente para que no se crucen. A menudo se siembran plantados durante el regreso a puerto para que estén disponibles en el próximo viaje. Se colocan los plantados en zonas alejadas de corrientes fuertes, y suelen desplazarse unos 4,5 a 8 millas por día. Generalmente los deja 30 días antes de revisarlos.
- h. Entre 4°S y 4°N hay cantidades enormes de plantados y muchos buques. Generalmente, el Capitán Stephenson no pesca en esa zona, debido a la alta tasa de pérdida de sus plantados, que son del tipo con radiobalizas, a otros buques: en general, pierde 2 ó 3 de 30 por viaje en la zona del norte, pero hasta 20 alrededor de la línea ecuatorial.
- i. Las radiobalizas pueden ser detectadas con radar de pájaros y detectores de señales, y las boyas GPS mediante la detección de aves encima del plantado. Un 'radar de balizas' puede localizar un plantado a distancias de 15 ó 20 millas en una noche tranquila.
- j. Los peces más grandes normalmente van al fondo del cerco, y dominan esa zona.

2.3. La pesquería sobre plantados desde la perspectiva del observador (M. Román)

Marlon Román presentó un resumen de la pesquería sobre plantados en el OPO, basado en su experiencia a bordo de buques como observador entre 1989 y 1998, con información adicional actualizada de observadores actuales de la CIAT. La construcción de los plantados ha variado con el tiempo y entre buques, pero actualmente es bastante uniforme: consisten de un marco de bambú cubierto de malla, con flotadores para mantenerlo en la superficie, y con malla de unos 25 m de largo colgada debajo, con pesos al fondo. Se sujeta a menudo un cubo de carnada al plantado. Los plantados han sido modificados con el tiempo para reducir su detección por otros buques.

Se sujeta una baliza al plantado para permitir localizarlo. Las balizas han cambiado con el tiempo de sencillas radiobalizas a boyas GPS. A menudo se usan ambos tipos juntos, las GPS boyas para encontrar la zona general de un grupo de plantados y las radioboyas para encontrar plantados individuales. A menudo, si se encuentra un objeto de otro tipo flotando en el agua, se le sujeta una baliza localizadora. A veces animales muertos (ballenas, por ejemplo) son subidos a bordo, envueltos en malla, y soltados en otro lu-

gar.

Los lances sobre plantados ocurren generalmente alrededor del amanecer, presuntamente porque a esa hora los atunes se encuentran en un grupo compacto alrededor del plantado y son más fáciles de capturar.

Se presentaron los detalles de dos viajes, destacando la amplia variedad de comportamientos que ocurre en la pesquería sobre plantados. Estos comportamientos incluyen pescar sobre los plantados de otros buques, sujetar radiobalizas a objetos flotantes, el uso de mamíferos marinos muertos para atraer peces, sembrar plantados, pescar sobre plantados sembrados en un viaje previo, sembrar plantados repetidamente en una zona buena, pescar sobre ellos, y luego trasladarlos a la posición donde fueron sembrados inicialmente.

2.4. Resumen de los datos de la pesquería (J. Suter)

Jenny Suter presentó un resumen de los datos disponibles de las pesquerías de cerco en el OPO. Los cuadernos de bitácora contienen información sobre el viaje, tal como fechas y puertos de zarpe y arribo, más ciertas características generales del buque. Contienen además las fechas y horas de ciertos sucesos, tales como los lances realizados, y las cantidades capturadas en cada lance, per especie.

Además de las bitácoras, se dispone de estimaciones de las capturas de los registros de los observadores, registros de descarga provistos por las enlatadoras, y del muestreo de composición por especies (realizado conjuntamente con el muestreo de frecuencia de tallas) que se lleva a cabo desde 2000, el cual produce estimaciones independientes de la composición de las capturas descargadas.

A partir de las bitácoras y los registros de los observadores, se dispone de datos de esfuerzo, tales como el número de días de pesca, tiempo de búsqueda (duración del día menos el tiempo dedicado a calar y recolectar la red y cargar el pescado a bordo), o número de lances realizados.

Los datos de captura o esfuerzo pueden ser estratificados por mes, área, tipo de lance, etcétera, con los datos de bitácora y de los observadores. Se obtienen los datos de captura total de los registros de las enlatadoras, suplidos con datos de bitácora o de observadores de los viajes para los que no se cuenta con datos de enlatadora. Se puede estimar la captura total si se suman los datos de bitácora o de observadores y se ajustan al número total de viajes realizado durante el período en cuestión.

Los resultados del muestreo de composición por especie sugieren que los observadores subestiman la captura de patudo, y que las enlatadoras la subestiman más que los observadores. Fueron presentados otros resúmenes de los datos, entre ellos las tendencias temporales en el número de buques, la capacidad de acarreo de pescado, captura por especie, patrones espaciales, y duración de lances.

Se discutieron los temas de la validación de posiciones mediante velocidad inferida, las disparidades entre métodos en las estimaciones de composición por especie, y la forma en la cual la introducción del Sistema de Seguimiento de Atún del APICD en 2000 ha afectado la independencia de los registros de bitácora y de los observadores.

2.5. Resumen de los datos de los observadores (N. Vogel)

Nick Vogel resumió los antecedentes del programa de observadores de la CIAT, así como la colaboración de la CIAT con los programas nacionales de observadores. Describió brevemente los datos recabados, los procedimientos de edición, y la cantidad de datos tomados hasta el fin de 2003. Explicó los cambios ocurridos en los aparejos de pesca, entre ellos el largo y profundidad de las redes, el uso de helicópteros, ecosondas, y radar de pájaros. Terminó su presentación con una descripción del *Registro de Objetos Flotantes* (ROF), usado para obtener datos sobre los objetos flotantes, y sus limitaciones, y explicó el nuevo registro que lo sustituirá en 2005.

Los temas discutidos incluyeron la disponibilidad de información sobre las características de los aparejos de pesca (disponibles en la base de datos de la CIAT); el tiempo que los observadores están de turno (95-99% del tiempo de pesca); y la introducción del Sistema de Seguimiento de Atún del APICD.

2.6. Resumen del comportamiento de los peces y datos (K. Schaefer y D. Fuller)

Simon Hoyle presentó el trabajo de Kurt Schaefer y Dan Fuller sobre el comportamiento, la vulnerabilidad, y la discriminación por medios acústicos de los atunes. Fueron colocadas marcas archivadoras en 265 patudos, 102 aletas amarillas, y 33 barriletes, y han sido recuperadas 104 de patudos, 43 de aletas amarillas, y 3 de barriletes. El atún patudo demuestra fidelidad regional al OPO. Esta especie pasa un 20% del tiempo en el OPO ecuatorial asociada con plantados, con una duración media de 3 días consecutivos en un plantado. El atún aleta amarilla muestra desplazamientos estacionales en conjunto con cambios latitudinales del isóbaro de 20°C. No está limitado en profundidad a la capa mixta, y pasa períodos considerables en áreas de altura frente a México zambulléndose durante todo el día a profundidades de unos 250 m, aparentemente una estrategia de alimentación dirigida hacia presas de la capa profunda de dispersión. El atún barrilete también demuestra un comportamiento de zambullidas a profundidades de 250-350 m durante el día en el OPO ecuatorial, aparentemente con los mismos fines.

Se realizó un estudio comparativo del comportamiento del patudo y el barrilete con telemetría ultrasónica, equipo de sonar, ecosondas, y vídeo submarino. Se observaron agregaciones corriente arriba de boyas ancladas y corriente abajo de objetos a la deriva. Tanto de día como de noche, los patudos estuvieron distribuidos a mayor profundidad que los barriletes cuando estaban asociados con una boya anclada, pero a menor profundidad cuando estaban asociados con un objeto a la deriva. De noche las agregaciones eran más difusas, y los peces se alimentaban con organismos en la capa profunda de dispersión cerca de la superficie. Se observó que cardúmenes de barrilete asociados con plantados a la deriva se separan de las agregaciones al amanecer.

Con las ecosondas comerciales es posible no sólo estimar el tamaño de las agregaciones, sino también distinguir los atunes por especie. La fuerza de la señal acústica refleja principalmente la vejiga natatoria de los atunes: el barrilete carece de este órgano, y la vejiga natatoria del patudo es más grande que la del aleta amarilla. La distinción de las especies basada en ecosondas y comportamiento fue verificada durante los cruceros de marcado de la CIAT.

Además de proveer información útil para elaborar índices de abundancia, estos resultados podrían ser útiles en consideraciones de ordenación para evitar la captura de patudo asociado con plantados.

3. Resumen del análisis de los datos de CPUE

3.1. Enfoques tradicionales de CPUE (M. Maunder)

Mark Maunder describió los análisis tradicionales usados para elaborar índices de abundancia a partir de datos de captura y esfuerzo. En una edición especial reciente de *Fisheries Research* (Vol. 70, ejemplares 2-3) se presenta información sobre estos métodos y sus aplicaciones.

El método normal es usar un modelo lineal general (MLG) con la CPUE como variable dependiente; se conoce generalmente como estandarización de CPUE. Se elabora un modelo multiplicativo con una estructura de error logarítmica normal mediante la transformación de la CPUE en logaritmos. Se incluye año como variable categórica, y se usa para representar el índice de abundancia relativa. Se probaron muchas variables explicativas para inclusión en el modelo (por ejemplo, área o latitud/longitud, mes/estación, nombre o características del buque). Si hay ceros significativos, se usa la distribución logarítmica delta normal. Se hace caso omiso de las interacciones con el efecto de año.

Las consideraciones necesarias para estandarizar los datos de CPUE incluyen: 1) determinar un método (por ejemplo, MLG, modelo aditivo general (MAG), árbol de regresión, red neuronal, modelo lineal general mixto (MLGM), HBS, statHBS, integrado); 2) elegir variables explicativas (cuáles, categóricas o continuas, interacciones, polinomios, transformaciones); 3) determinar la variable dependiente (CPUE, captura, agrupar datos, subconjunto de datos, cuál medida de esfuerzo: incluir múltiples medidas de esfuerzo como variables explicativas); 4) elegir una estructura de error (por ejemplo, cuadrados mínimos, logarítmico normal, Poisson, binomio negativo, métodos delta para tratar ceros); 5) seleccionar una técnica de

selección de modelo (usar r^2 , prueba de F, AIC, validación cruzada, regresión por pasos); 6) examinar diagnósticos (¿se satisfacen los supuestos?, valores atípicos); y 7) determinar cómo incluir el índice basado en CPUE en el modelo de evaluación de la población.

Dos problemas importantes con la estandarización de datos de CPUE son el gran número de capturas nulas (cero) y las interacciones con el efecto de año. Un gran número de ceros puede ocurrir con especies no objetivo o poco comunes, o especie que se agregan. Los métodos para tratar los ceros incluyen añadir una constante, usar distribuciones con ceros inflados, o usar la distribución delta para modelar la probabilidad de un resultado positivo y la distribución de los resultados positivos. Las interacciones entre área y año son muy comunes. Pueden ser tratadas mediante el uso de un promedio ponderado por hábitat de los índices de cada área, un modelo de dinámica de población con estructura espacial, o un análisis de efecto mixto de los datos de CPUE.

3.2. Uso de datos de CPUE por la CIAT en el pasado (S. Hoyle)

Simon Hoyle describió el uso histórico de los datos de captura y esfuerzo como índices de abundancia. Los datos de CPUE han sido usados por la CIAT en modelos de poblaciones desde hace cincuenta años. A medida que el énfasis cambió de producción excedente a modelos de cohortes, la CPUE recibió menos atención, pero la introducción del análisis integrado A-SCALA, que usa un análisis estadístico por edad de la captura por talla, ha elevado su perfil de nuevo. La estandarización ad hoc temprana fue por clase de buque, con las tasas de captura comparadas con una clase de buque estándar. Los modelos lineales fueron introducidos a fines de la década de los 1960. Entre mediados de la década siguiente y la posterior fueron elaborados análisis que separaron el tiempo de búsqueda y el tiempo de pesca (el tiempo entre encontrar los peces y comenzar de la próxima búsqueda). Estos aspectos del esfuerzo de pesca son afectados por distintos componentes de la abundancia (la distancia entre cardúmenes 'pescables' y el tamaño del cardumen, respectivamente) y las características de los buques. Sin embargo, estos métodos de estandarización de CPUE fueron usados solamente para comparaciones con las tasas de captura 'crudas' que se usan actualmente en los modelos A-SCALA.

3.3. Uso de datos de captura y esfuerzo en A-SCALA y en análisis de sensibilidad del modelo (M. Maunder)

Mark Maunder describió cómo los datos de captura y esfuerzo de cerco son usados actualmente en las evaluaciones de la CIAT de las poblaciones de atunes. Se usa A-SCALA para evaluar las poblaciones de atunes en el OPO. El modelo ajusta los datos de captura condicionados sobre esfuerzo, y esto extrae la información sobre la abundancia de los datos de captura y esfuerzo.

Se dispone de solamente captura por lance separada en las tres modalidades de pesca con red de cerco, pero la captura por lance no es una medida apropiada del tamaño de la población; está probablemente más relacionado con el tamaño del cardumen, y el tamaño del cardumen no está relacionado necesariamente con el tamaño de la población. Por lo tanto, se regresa el número de días de pesca contra los tres tipos de lance para determinar el número de días atribuido a cada tipo de lance (los coeficientes en la regresión). Se usa esto entonces para convertir la captura por lance por modalidad en captura por día de pesca por modalidad.

Se realizaron análisis de sensibilidad para determinar la influencia de los datos de captura y esfuerzo de cerco sobre las evaluaciones de las poblaciones de atún aleta amarilla y patudo. Primero se realizaron las evaluaciones con el énfasis en los datos de captura y esfuerzo de cerco en un nivel bajo (se fijó la desviación estándar de la pena por desvío del esfuerzo en 2), luego se aumentó el énfasis en cada una de las modalidades de pesca cerquera (se fijó la desviación estándar de la pena por desvío del esfuerzo en 0.2). Se realizaron análisis adicionales para el atún patudo con 1) el tamaño de la muestra de captura por edad dividido por 10 para dar mayor énfasis a los datos de CPUE; 2) un aumento anual de 2% en la capturabilidad con red de cerco; y 3) hiperestabilidad incorporada en la CPUE de la pesquería sobre objetos flotantes. Los resultados demostraron que, en el caso del atún patudo, la CPUE sobre objetos flotantes tuvo

muy poca influencia sobre los resultados a menos que se redujera mucho el tamaño de la muestra de frecuencia de talla, y en este caso los intervalos de confianza fueron muy anchos y la diferencia no fue significativa. La CPUE de la pesquería asociada con delfines fue tuvo más influencia para el aleta amarilla, y determinar un índice de abundancia de esta pesquería para el atún aleta amarilla es lo que más promete para mejorar la evaluación. No se realizó un análisis para el atún barrilete; es posible que la CPUE cerquera sea más importante para esa especie, ya que la evaluación no incluye datos de las pesquerías palan-greras.

Se describieron las tendencias en la capturabilidad de las evaluaciones cuando se redujo el énfasis en los datos de captura y esfuerzo de las pesquerías de cerco. Las pesquerías de patudo sobre objetos flotantes mostraron un aumento general desde que la pesquería comenzó a crecer en 1993, pero hubo también períodos de reducciones bruscas. No se observaron tendencias notorias en las pesquerías cerqueras de aleta amarilla, con la excepción de unas disminuciones graduales.

4. Investigación

4.1. Incorporación de datos oceanográficos (A. Langley)

Adam Langley presentó los resultados de un análisis de los efectos de las condiciones oceanográficas sobre la pesca con red de cerco. Se pueden obtener con facilidad datos de modelos oceanográficos y de detección a distancia, y pueden ser fácilmente incorporados en el análisis de los datos de CPUE de las pesquerías de cerco. Se presentaron dos ejemplos del Pacífico central y occidental. Un análisis cualitativo de datos de CPUE cerquera de la pesquería sobre plantados anclados de Papua Nueva Guinea demostró que las capturas de barrilete son fuertemente afectadas por los flujos prevalecientes de las corrientes en el mes anterior. Un análisis separado uso un método de agrupación para definir áreas de actividad intensa de pesca de peces no asociados con red de cerco. Se aplicó entonces un MLG para investigar la influencia de las características oceanográficas sobre la cantidad de barrilete capturado en estas 'agrupaciones' mensuales. Los datos oceanográficos explicaron una proporción significativa de la variación en la captura. Las tasas de captura fueron afectadas por la temperatura a profundidad, la concentración de clorofila-a, el flujo meridional y zonal de las corrientes, y el grado de convergencia de las corrientes. El modelo fue aplicado para explicar las tendencias recientes en el desempeño de varias flotas distintas que operan en la pesquería. Es probable que la inclusión de los datos oceanográficos sea informativo en la elaboración de un modelo de CPUE para predecir las tasas de captura en la pesquería sobre plantados a la deriva.

4.2. Modelar la abundancia de atunes en objetos flotantes anclados en el Pacífico oriental tropical (S. Harley y M. Maunder)

Mark Maunder presentó un marco para modelar la dinámica de los atunes alrededor de objetos flotantes. La población de atunes alrededor de un plantado aumenta debido a inmigración y disminuye debido a la mortalidad natural, mortalidad por pesca, y emigración. Estos procesos pueden ser representados por ecuaciones matemáticas, y se puede predecir la captura tomada en un plantado y compararla con la captura observada para estimar los parámetros del modelo. El concepto subyacente básico es que la tasa de acumulación de peces en un plantado es indicativa de la abundancia local de atunes. Esto será moderado por la densidad de los plantados, el esfuerzo de pesca local, y otros factores.

Para poder realizar este tipo de análisis, es necesario poder asignar las capturas al plantado correspondiente. Actualmente es posible solamente 1) con las boyas TOA ancladas, mediante la comparación de las coordenadas de GPS de la captura con las coordenadas de la boya, o 2) en viajes en los que el observador puede identificar repetidamente plantados individuales. Si los plantados llevasen un identificador único, la captura de cualquier buque podría ser asignada por plantado.

Las modificaciones del modelo sencillo descrito podrían incluir:

1. Información sobre cuando se revisó un plantado, pero no se hizo lance;
2. Los efectos de plantados cercanos;

3. Los efectos de la pesca en el área local;
4. Inclusión de información de datos de marcado convencional y archivador;
5. Desplazamientos de plantados que acumulan peces;
6. El tiempo que un plantado necesita estar en el agua para acumular una comunidad de peces;
7. Efectos aleatorios para integrar varios plantados en un solo análisis.

4.3. Plantados como atractores (M. Maunder)

Mark Maunder describió cómo los plantados pueden ser modelados como atractores sin dejar de tomar en cuenta los desplazamientos de los peces y los efectos de hábitat. Esta descripción se basó en la presentación titulada *Modeling animal movement, resource selection, and home range simultaneously* de Dale Zimmerman (Departamento de Estadística y Ciencia Actuarial, Universidad de Iowa), Aaron Christ y Jay Ver Hoef (Departamento de Pesca y Caza de Alaska) en el quinto Simposio Winemiller (ver Christ, A., Ver Hoef, J.M., y Zimmerman, D. 2004. *An Animal Movement Model Incorporating Resource Selection and Home Range*. Actas de la American Statistical Association, Sección de Estadística y el Medio Ambiente [CDROM] Alexandria, VA: American Statistical Association: en prensa). Se simplifican los cálculos mediante el supuesto de distribuciones normales para la atracción de los plantados y el desplazamiento de los peces, pero sería probablemente necesario un método de estimación más complejo, similar al que usó el grupo del Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas de la Universidad de Hawaii en Manoa, para poder aplicarlo a plantados y atunes. El método podría ser aplicado a los datos de marcas archivadoras de atunes en el OPO.

4.4. Contar plantados (S. Hoyle, C. Lennert-Cody, y M. Maunder)

Simon Hoyle describió métodos que podrían ser usados para estimar el número de plantados en un área. Es necesaria información sobre la distribución espacial y temporal de los plantados para poder determinar las relaciones entre la dinámica de las poblaciones de atunes y las tasas de captura cerquera. Presentó un marco para modelar la dinámica de poblaciones de los plantados, tomando en cuenta cuestiones tales como tipo, propiedad, detectabilidad, y desplazamiento de los plantados, y la colocación, extracción, y robo de los mismos. Consideró los tipos de datos tomados actualmente en el OPO, y presentó mapas (1990-2002) de 1) la distancia media cubierta entre visitas a objetos flotantes, y 2) el número medio de visitas únicas a objetos flotantes, por buque.

Consideró la utilidad de tomar datos adicionales. La toma de datos por los observadores sobre plantados colocados y quitados, ya prevista, es esencial, y un experimento de marcado y recaptura tiene beneficios potenciales.

4.5. Efectos de comunicación entre pescadores sobre la CPUE como índice de abundancia (M. Dreyfus)

Michel Dreyfus describió un modelo de red neuronal, basado en individuos, de las decisiones de los pescadores sobre la asignación del esfuerzo de pesca, que usa un modelo espacial, tomando en cuenta que los pescadores cooperan en la pesca atunera, mediante la formación de grupos de clave. Las simulaciones demuestran que esta característica de la pesquería genera una sobreestimación de la abundancia con CPUE o hiperestabilidad. Se considera una opción para ajustar la CPUE que parece resolver este problema: calcular la CPUE solamente con base en buques que pescan en distintas áreas.

4.6. Abundancia de captura incidental derivada de abundancia “conocida” de atún patudo (M. Newman, R. Olson, y M. Maunder)

Mark Maunder presentó un método para elaborar índices de abundancia para especies de captura incidental, basado en el cociente de la captura de estas especies a la captura de atún patudo en lances sobre plantados, bajo el supuesto que se sabe la abundancia total del patudo. Se toma la abundancia de patudo de la evaluación de la población de la especie. Si el comportamiento de las especies de captura incidental es similar a la del patudo, entonces es posible que el cociente de las tasas de captura incidental y de captura

de patudo so sean influenciadas por los muchos factores desconocidos, tales como la densidad o la edad de los plantados. Variables explicativas adicionales, tales como área o mes, pueden ser añadidas en un contexto de MLG para eliminar variabilidad adicional no relacionada con la abundancia total. Se estiman los parámetros del modelo mediante el ajuste de la captura predicha a la captura observada para las especies de captura incidental. Este método podría ser útil para la elaboración de índices de abundancia para el atún barrilete a partir de datos de captura y esfuerzo de la pesquería sobre plantados.

4.7. Las pesquerías de cerco japonesas en el Océano Pacífico norte, consideraciones para la evaluación del atún aleta azul (H. Yamada)

Harumi Yamada describió la pesquería japonesa de cerco en el Pacífico al norte de 20°N, muy diferente de las pesquerías en las aguas tropicales, y discutió la estimación de índices de abundancia para el atún aleta azul del Pacífico. Esta pesquería opera en grupos formados por un buque pesquero, de entre 80 y 135 TRB, uno ó dos barcos buscadores, y dos buques de carga. El buque pesquero no tiene bodegas para pescado. Su objetivo es atún en cardúmenes no asociados, independientemente de la especie, y a veces pescan sobre objetos flotantes naturales, pero nunca usan plantados. Los barcos buscadores juegan un papel importante en encontrar los cardúmenes.

Estos cerqueros tienen dos zonas de pesca: una es el Océano Pacífico al este del Japón, donde se observan capturas de aleta azul de más de 10 kg en verano, y la otra es el oeste del Mar de Japón al Estrecho de Tsushima, donde se observan capturas de aleta azul de menos de 10 kg en el Estrecho durante todo el año.

Las redes de cerco constituyen un arte importante en la captura de aleta azul del Pacífico, y responden de la mitad de la captura. Por lo tanto, se espera que la información de estas pesquerías provea índices de abundancia confiables para esta especie. Generalmente los buques buscan el barrilete, más abundante, en el Pacífico o peces pelágicos pequeños en el oeste del Mar de Japón, pero intentan capturar aleta azul si lo encuentran.

En el estudio se estimaron índices de abundancia con datos de captura y esfuerzo. Se excluyeron los datos de lances sin captura de aleta azul. Se sugirió que todo el esfuerzo en la zona del aleta azul del Pacífico debería ser considerado como dirigido hacia la especie, ya que es pescado si es observado, y que se debería tomar datos sobre las operaciones de los barcos buscadores adicionalmente a los datos de los buques pesqueros.

4.8. Modelo estadístico basado en hábitat para estandarizar la CPUE palangrera (M. Maunder y M. Hinton)

Mark Maunder describió el método estadístico basado en hábitat (statHBS) usado para elaborar índices de abundancia a partir de datos de captura y esfuerzo de palangre. El método es una extensión del método HBS (Boletín de la CIAT 21(4)), que combina la profundidad de los anzuelos con datos oceanográficos para determinar el hábitat en el que se encuentra cada anzuelo. Para calcular el esfuerzo, se suma la preferencia de hábitat relacionada con el hábitat de cada anzuelo para determinar el esfuerzo efectivo del palangre entero. Tradicionalmente, se basa la preferencia de hábitat de datos de marcas archivadoras en el tiempo que pasan los peces en cada hábitat, estimado a partir de datos de marcas archivadoras, pero los resultados de pruebas estadísticas aplicadas a la captura predicha de esfuerzo nominal y estandarizado por HBS indican que los datos de preferencia de hábitat podrían no ser apropiados. El método de statHBS extiende estas pruebas estadísticas para estimar la preferencia de hábitat mediante el ajuste de la captura predicha por HBS a la captura observada.

Los datos de preferencia de hábitat de marcas archivadora podrían no ser apropiados porque incluyen períodos cuando los peces no se están alimentando. Además, las escalas espacial y temporal de los datos de las marcas archivadoras y los datos oceanográficos son diferentes, se usa posiblemente la variable de hábitat incorrecta, y la cobertura espacial y temporal de los datos de las marcas archivadoras es limitada.

Sería quizá posible aplicar el método statHBS, o una modificación de su aplicación actual, a los datos de

captura y esfuerzo de cerco, para tomar en consideración la información oceanográfica.

5. Discusión de métodos para elaborar índices de abundancia de datos de captura y esfuerzo de cerco

A fin de enfocar las discusiones, se plantearon seis preguntas al inicio de la reunión. Además, la Comisión brindó una orientación al Grupo de Trabajo sobre la Evaluación de Poblaciones para evaluar la necesidad de marcar plantados. A continuación se resume la discusión sobre estos temas.

5.1. ¿Cuál es la base de la expectativa que los datos de CPUE provean información sobre la abundancia en las pesquerías de cerco 1) asociadas con delfines, 2) no asociadas, y 3) sobre objetos flotantes?

Los datos de CPUE proveerán información sobre la abundancia relativa solamente si se dispone de una medida del esfuerzo efectivo (o sea, o hay una medida válida del esfuerzo, y la capturabilidad no cambia, o el esfuerzo puede ser estandarizado para cambios en la capturabilidad). Actualmente debería ser posible determinar medidas de esfuerzo efectivo para las pesquerías asociadas con delfines y no asociadas mediante la determinación del tiempo de búsqueda. Debido a la presencia de balizas localizadoras en los plantados, no se dispone de medidas de esfuerzo efectivo para las pesquerías sobre plantados. La medida de esfuerzo efectivo para la pesquería sobre plantados podría estar relacionada con el tiempo que el plantado está en el agua “buscando” pescado.

Análisis de cohortes realizadas por el personal de la CIAT para el atún aleta amarilla han producido tendencias similares a la captura por día de pesca, excepto en años de El Niño, lo cual sugiere que la captura por día de pesca es una medida razonable de la abundancia para el aleta amarilla, pero la captura por hora de búsqueda, u alguna otra medida de búsqueda, debería ser algo mejor. No obstante, los cambios grandes en la cobertura espacial del esfuerzo constituyen una preocupación.

5.2. ¿Existe una medida de esfuerzo apropiada para la CPUE cerquera 1) asociada con delfines, 2) no asociada, y 3) sobre objetos flotantes?

Una medida de esfuerzo apropiada para las pesquerías asociadas con delfines y no asociadas es tiempo de búsqueda/distancia/área, pero es necesario más trabajo para considerar factores tales como grupos de clave, cambios espaciales, y el uso de helicópteros. Los grupos de clave podrían causar hiperestabilidad en la CPUE. Debido a dificultades para definir el tiempo de búsqueda por tipo de lance, podría ser apropiado usar solamente buques que realizan principalmente un tipo de lance.

No se ha identificado actualmente una medida de esfuerzo efectivo para las pesquerías sobre plantados.

5.3. ¿Han incrementado los avances tecnológicos la capturabilidad en las pesquerías de cerco 1) asociadas con delfines, 2) no asociadas, y 3) sobre objetos flotantes?

No se ha realizado un análisis completo para determinar cómo los cambios en la tecnología han afectado la capturabilidad en las pesquerías de cerco del OPO. La expectativa es que la introducción de radar de pájaros y helicópteros, y la mayor altura de la torre de observación, han incrementado la capturabilidad para las pesquerías asociadas con delfines y no asociadas. Se cree que varios factores han tenido un impacto sobre la capturabilidad en la pesquería sobre plantados, entre ellos los plantados, la tecnología en los plantados, el aprender cómo usar los plantados y dónde ponerlos, y el número de plantados (una densidad alta podría reducir la capturabilidad). Han mejorado las técnicas usadas durante los lances, reduciendo el tiempo de pesca, incrementando la captura, y reduciendo los descartes. Esto debería haber mejorado la capturabilidad aparente. Son aparentes grandes diferencias en capturabilidad entre los buques, relacionadas con la pericia de los tripulantes, la edad del buque, y el nivel de la tecnología.

Para determinar si los avances tecnológicos han cambiado la capturabilidad, se podría usar un MLG u otro método estadístico, con la abundancia de la evaluación de la población como ajuste.

5.4. ¿Son nuestras técnicas actuales capaces de estimar incrementos en la capturabilidad de las

pesquerías de cerco?

La evaluación A-SCALA puede estimar aumentos en la capturabilidad para los atunes patudo y aleta amarilla si los índices de abundancia de los datos de captura y esfuerzo con palangre son proporcionales a la abundancia. Sin embargo, para calcular los cambios en la capturabilidad, se requiere una medida de esfuerzo apropiada para las pesquerías de cerco.

5.5. ¿Cuáles datos deberían ser tomados para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?

En general, para todas las pesquerías, se debería recabar información sobre el equipo usado y la estrategia de pesca de cada buque. Se podría obtener esta información en una entrevista con el capitán. La base de datos de características de buques de la CIAT contiene cierta información sobre el equipo. Se debería obtener información adicional sobre el uso de grupos de clave.

La pesquería sobre plantados es actualmente la más problemática para la determinación de índices de abundancia, y se debería obtener varios tipos de datos. Con el nuevo formulario se obtendrá información vital sobre el número de plantados sembrados y sacados. Adicionalmente, es importante poder identificar plantados individuales por viaje y por buque, numerándolos, por ejemplo. Si esto no es posible, se debería llevar a cabo un experimento de marcado y recaptura con plantados. Se debería recabar también información sobre el comportamiento y la abundancia de peces alrededor de plantados, mediante el uso de marcas archivadoras, sónicas y convencionales, por ejemplo. Acceso a información de plantados con ecosonda de buques comerciales, o un estudio específico de plantados con ecosonda, podría ser informativo.

5.6. ¿Cuáles son los métodos más prometedores para elaborar índices de abundancia a partir de los datos de captura y esfuerzo de cerco?

Han sido identificados varios métodos como posibles fuentes de índices de abundancia de atunes en el OPO. El primero, y más básico, es aplicar un método GLM normal a las pesquerías asociada con delfines y no asociada, con tiempo de búsqueda/distancia como la variable dependiente. Esto podría implicar la identificación y uso de buques que usan predominantemente una sola modalidad de pesca y usar los datos de esos buques, pero la cobertura espacial limitada de las pesquerías de aleta amarilla no asociado es motivo de preocupación.

Un método GLM o similar, con la biomasa estimada de la evaluación de la población como ajuste, podría ser prometedor para estimar los efectos de la tecnología sobre la capturabilidad. Se podría usar esto para el atún patudo o aleta amarilla y luego usar los cambios en la capturabilidad en una evaluación del barrilete para estandarizar los datos de CPUE. Alternativamente, la abundancia de patudo o aleta amarilla estimada en las evaluaciones de poblaciones podría ser usada en un método de cambio en cociente para el barrilete o especies de captura incidental.

Debido a los cambios en la distribución espacial del esfuerzo, métodos que modelan la correlación espacial y temporal (por ejemplo, modelos de tipo efecto aleatorio) podrían ser prometedores. Un análisis de conglomerados de los buques podría ser útil para identificar grupos de clave para permitir tomar esto en cuenta en los análisis.

El método alternativo para estimar índices de abundancia mediante el modelado de la dinámica de los atunes alrededor de plantados, en lugar de usar datos de CPUE, podría ser el mejor método para las pesquerías sobre plantados. Esto requeriría también una estimación de la densidad local de plantados mediante el modelado de la dinámica de plantados o la distancia entre plantados o el número de avistamientos de plantados.

Una alternativa al uso de datos de CPUE para elaborar índices de abundancia es realizar estudios de marcado de atunes a gran escala.

5.7. Marcaje de plantados

Marcar cada plantado con un identificador único para permitir identificarlo por buque y por viaje es vital para gran parte del trabajo sugerido para elaborar índices de abundancia de las pesquerías sobre plantados. Los plantados son el componente de búsqueda del esfuerzo en esta pesquería, e información sobre el componente de búsqueda es necesaria para la elaboración de índices de abundancia. Un plantado es equivalente a un buque pesquero, por lo que es necesario saber dónde está y cuánto se captura en asociación con él. La densidad local de plantados es asimismo importante, ya que puede afectar la tasa de acumulación de peces en un plantado. Información sobre plantados podría esclarecer factores aparte de la abundancia de atunes; por ejemplo, los plantados atraen organismos aparte de los atunes, y afectan por lo tanto el ecosistema pelágico entero. Esta información podría ser útil para la mitigación de la captura incidental, y para determinar si existe una relación entre el número de plantados y la capturabilidad del atún.

Actualmente existe poca o ninguna información sobre el número de plantados que se siembra en el océano, cuánto tiempo llevan en el agua, sus desplazamientos, duración, y destino final. Con el nuevo *Registro de Objetos Flotantes* se dispondrá de parte de esta información, pero la mayoría requerirá que se asigne una identificación única a cada plantado.

5.7.1. Características de las marcas

Una marca debería ser un identificador permanente, único en todo el océano, sujetado al plantado antes de sembrarlo, y fácil de distinguir con el plantado en el agua. Se deberían marcar también objetos flotantes encontrados y convertidos en plantados. Se deberían registrar las características de cada plantado, y poder asociarlo con el buque que lo sembró y con cualquier otro buque que tenga una baliza localizadora en el plantado.

5.7.2. Consideraciones

Las consideraciones a tomar en cuenta para el marcaje de los plantados incluyen:

- a. ¿Quién sujeta las marcas a los plantados?
- b. La confidencialidad; o sea, ¿se debería asignar los números de identificación al azar, para que el buque pueda ser identificado en la base de datos solamente y por personas asociadas con el buque que sembró el plantado?
- c. ¿Se debería asociar la marca con el objeto o con la baliza?
- d. ¿Cómo tratar los buques sin observador que pescan sobre plantados?
- e. El tipo de marca: número, código de barras, o sistema de radio de corto alcance.

5.7.3. Alternativas

Una alternativa al marcaje de todos los plantados sería un plan exhaustivo que incluya 1) completar obligatoriamente uno *Registro de Objetos Flotantes* al sembrar o sacar un plantado y 2) marcar solamente una proporción de los plantados sembrados y registrar observaciones subsiguientes de éstos por todos los buques (o sea, un estudio de marcado y recaptura). Serían igualmente necesarios identificadores únicos. Son posibles otros métodos que usan colores, con variaciones que incluyeran cambiar el color cada semana, pero proveerían menos información.