

REPORT OF THE ICCAT WORKSHOP ON ABUNDANCE INDICES FROM TROPICAL TUNA SURFACE FISHERIES

(Miami, Florida, U.S.A. - May 11 to 15, 1998)

1 Opening of the meeting

According to a decision made by the SCRS at its 1997 meeting, the ICCAT Workshop on Abundance Indices from Tropical Tuna Surface Fisheries met at the NMFS Southeast Fisheries Science Center, Miami, Florida, at the invitation of the Government of U.S.A. The meeting was opened by its Convener, Dr. Pamela Mace and Dr. Brad Brown, the Center Director. Dr. Brown welcomed all the participants and wished the group every success. The ICCAT Assistant Executive Secretary thanked the U.S. government and the Southeast Fisheries Science Center for inviting and facilitating this meeting. The Convener of the Working Group, Dr. Mace, welcomed the participants and reviewed the objectives of the meeting, which are summarized below.

- Objective 1.* To discuss the interpretation of catch and effort data from surface fisheries, particularly purse seine fisheries, including factors affecting CPUE and the relationship between local and stock-wide CPUE, and to assess the impact that the increasing use of floating objects in these fisheries may have on fishing power. Emphasis will be on yellowfin, skipjack and bigeye, in that order of priority.
- Objective 2.* To provide a forum for discussion of the utility of various types of catch and effort data from tropical tuna surface fisheries as indicators of trends in stock abundance.
- Objective 3.* To suggest analytical methods for standardizing fishing effort and for quantifying increases in fishing power for these fisheries.
- Objective 4.* To test hypotheses about the interpretation of catch and effort data on a comprehensive and detailed data set from the surface fleets (particularly French and Spanish vessels) operating in the eastern tropical Atlantic.
- Objective 5.* To determine data needs, and to examine research and management options that will facilitate collection of essential data.

All participants introduced themselves. Participants included the SCRS Chairman, scientists from the European Commission, Japan, Morocco, United Kingdom (Bermuda), and the United States of America, and observers from CARICOM, IATTC, SPC, and Chinese Taipei. Two members of the ICCAT Secretariat staff were also present. The list of participants is attached as **Appendix 2**.

2 Adoption of Agenda and review of arrangements for the meeting

The Convener presented the Tentative Agenda, previously circulated, and outlined a work plan based on the agenda. The Agenda was adopted and is attached as **Appendix 1**. It was agreed that agenda items 5 and 7b might best be explored together and item 7 may best be achieved in two or three separate sub-groups.

The Convener then assigned the papers presented at this session to various Agenda items, where they would be reviewed. Five original papers and several reference documents were submitted (see **Appendix 3**).

It was agreed that the report of the meeting would be based on the agenda items. Rapporteurs assigned to each agenda item are identified in the report and general editorial work was done by the Chairperson and the ICCAT Assistant Executive Secretary.

3. Description of the eastern tropical Atlantic tuna surface fisheries (Rapporteur: Susan Singh-Renton)

The Working Group reviewed SCRS/98/36 (presented by Dr. P. Pallares) and SCRS/98/38 (presented by Dr. A. Fonteneau) which provided a description of the fisheries and the available data from French and Spanish purse seine

fisheries operating in the eastern Atlantic. The Group noted that only artisanal fisheries for tropical tuna species existed in the Atlantic Ocean until the 1950s. Historically, a variety of gears have been used, with the catches comprising several tropical and small tuna species. Since the 1950s and 1960s, however, three fishing methods have developed to form significant fisheries: the longline fishery that initially targeted large yellowfin tuna in surface waters and now primarily targets adult bigeye in deeper waters; the baitboat fishery which targets all three species in coastal areas; and purse seine fisheries which primarily catch skipjack and yellowfin tuna with bigeye being of secondary importance. The areas currently fished by purse seiners are shown in **Figure 1**. Species and size compositions of the catches vary according to the fishing area.

Catches of Atlantic tropical tunas have increased rapidly from an annual catch of 3,000 MT in 1950 to an average annual catch of over 400,000 MT in the 1990s. This increase, which is most apparent in the last two decades, is mainly due to both an expansion of the fishing zone and an increase in the size of the fleets, as well as an increase in fishing power. The development of these fisheries has been more pronounced in the eastern Atlantic than in the western Atlantic. Although the catches of all three species have increased markedly throughout the period of the fishery, the most important species caught has been yellowfin. In more recent years, however, skipjack catches have exceeded those of yellowfin. Since the 1960s, most of the increased catch has been taken by the purse seine fishery. This was due to the fact that the purse seine fleet rapidly increased from the early 1960s to the mid-1980s, and continually advanced its fishing technologies over the years, including the introduction of bird radar in the 1980s, improvements in gear design, introduction of electronic devices to measure thermocline depth and subsurface currents prior to a set, the use of artificial logs¹ from 1991, and the use of satellite imagery. Following the introduction of artificial logs, the species composition and the size composition of the fish schools changed. Generally, log schools consisted of skipjack and juvenile yellowfin and bigeye tuna, while the free swimming schools consisted predominantly of larger individuals of yellowfin. Baitboat catches showed only a slight increase over the years, with the longline catch remaining relatively stable from 1960 onwards (SCRS/98/36). Discarding is not believed to be significant overall, but may be locally important in certain components of the fishery.

It was noted that the total fishing area exploited annually by purse seiners reached a maximum of about 550 1° x 1° areas in 1978 after which it gradually decreased to 425 1° x 1° areas in 1986, and then increased again and remained relatively constant at around 450 1° x 1° areas in the last few years (SCRS/98/38). In comparison, until 1991, the number of 1° x 1° areas in which catches were actually taken was notably lower than the total number of 1° x 1° areas exploited each year. After 1991, the number of 1° x 1° areas with catches was only slightly less than the number of 1° x 1° areas exploited annually. Although the total purse seine fishing area has remained relatively unchanged over time since 1979, catches increased in 1991, and were taken over a larger fishing area including south of latitude 2°N and in the west up to longitude 30°W.

Available data

The working group reviewed the structure of the available eastern Atlantic purse seine data files, which were described in Annex 1 of SCRS-98-38. Catch and effort data were provided for individual vessels, aggregated by half-month and 1° x 1° areas. These data are considerably more detailed than those contained in the ICCAT Task II database. Five measures of fishing effort were recorded, but some of these could not be allocated to the school type fished; i.e. log or free school. The interpretation of the different measures of effort, as well as the use of vessel searching time as a valid measure of effective effort, was discussed. The paper SCRS/98/36 provided a review of the estimation of vessel searching time, based on information from observer programs.

Catch data were stratified by the type of set association (log, free, unknown) and were recorded for the main species separately. In the case of yellowfin and bigeye tunas, catches were further broken down by two size categories (<10 kg and >10 kg). The French vessel captains estimate the catches taken by each set, and these estimates are then prorated to match the actual landings. In the case of the Spanish vessels, only logbook estimates were available. Additionally, the data have been corrected for species composition and sizes, based on procedures described in the "Report of the Working Group on Juvenile Tropical Tunas" in 1984 and in SCRS/97/28. Observer program data suggest that null sets are common on free swimming schools, but relatively rare on log schools (approximately 22% and 3%, respectively, for French and Spanish purse seiners during the period 1991-1995; SCRS/96/62). In an attempt to re-define and classify the sets of unknown association in the data files, criteria such as size composition and species composition of the catches, depending on area, are being used to determine if the set is likely to have been made on a log or a free school.

¹ In this report, "log(s)" refer to natural floating object(s) as well as artificial fish aggregating device(s) (FAD).

The working group recognized that information on vessel size, the experience and nationality of skippers, and vessel history (e.g. change in boat captains) could be included to improve the measure of effective effort. However, it was noted that there are no factors explicitly indexing changes in fishing efficiency of individual purse seiners included in the available data file.

4 Methods used by other regional agencies to assess tuna stocks that support surface fisheries

The Secretariat of the Pacific Community (SPC)

As described in SCRS/98/39, the SPC conducted two large-scale tagging experiments in the western central Pacific. Those experiments gave useful information about movement of tunas, mainly skipjack and yellowfin, and estimated population parameters such as natural and fishing mortality. It was found that the exploitation rate, while it has increased between the two experiments, remains low at about 20% on each species. The list of catch and effort data from major industrial fleets held at SPC was presented. Skipjack CPUEs expressed in catch per day have increased from the early 1980s to the 1990s both for pole and line and purse seine, due probably to an increase in efficiency. Yellowfin CPUEs for Japanese and US purse seiners have fluctuated since the early 1980s. Some of the potential difficulties in standardizing CPUE were then identified. During the following discussion, some participants suggested that the cost of the tagging experiment (1M US\$) was relatively "reasonable" as compared to the value of the fishery (800M US\$ per year) and the benefit of the information obtained. It was said, however, that such an experiment would be difficult to implement on a regular basis. As a tagging experiment represents a snapshot of the fishery, other methods need to be used. The question arose as to whether implementation of EEZs (Extended Economic Zones) in the Pacific has modified the spatial distribution of effort as it has in the Atlantic. Currently in the Atlantic, 60% of the effort is located outside EEZs. In the western Pacific, this is not the case as 80% of the effort is still located inside the EEZ of Island Countries. Finally, it was concluded that several complex issues have yet to be addressed with regards to using catch and effort data as indicators of stock status; for example, the problems of estimating increases in fishing power and accurate determination of species and size composition. Currently, catch composition and size data come mainly from the U.S. purse seine fleet. Data from distant water fleets has improved since 1993 with the implementation of SPC port sampling programs, but observer coverage remains low.

Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC)

The IATTC uses GLMs to standardize CPUE data from tuna fisheries in the eastern Pacific Ocean (see IATTC 1995 Annual Report (1997) for an outline of the methodology). Fishing days and search time have both been used as units of effort for the purse seine fishery for yellowfin tuna. The catch and effort data come from logbooks. The GLMs fitted by the IATTC contain area, time and fishing mode effects, and considerable effort has been spent studying how area and time interact to affect CPUE. Since area-time interactions are an important component of the variation in CPUE, the IATTC typically estimates indices of abundance for small areas and then averages over these high resolution indices to develop regional indices. The averaging process includes both effort and sea-surface area-weighting. Variables that explicitly index technological change have not yet been incorporated into GLMs. The IATTC uses standardized indices of abundance from GLMs as input for generalized production modeling and cohort analysis.

5 Factors affecting CPUE and contributing to increased fishing power in tropical tuna purse seine fisheries

Dr. G. Sakagawa presented SCRS/98/35, which described analyses of U.S. purse seine data from the central-western Pacific Ocean. Between 1981 and 1995, about 80% of the sets were made on free-swimming schools and 20% on drifting objects. Since 1995, free-swimming school sets have decreased and drifting object sets have increased. In 1997, drifting objects were the dominant set type. Because 94% of drifting object sets result in catches, whereas only 50% of free-swimming school sets result in catches, and catch per successful set for both types of sets is virtually the same at 40 MT per successful set, CPUE has increased owing to improved efficiency of the fleet, independently of changes in stock abundance. It was concluded that it is very difficult to interpret variation in CPUE and relate it to variations in stock abundance, even if more information were to be collected.

Dr. H. Okamoto presented SCRS/98/37, which identified some factors that potentially affect the catch rates of Japanese purse seiners in the Indian and Pacific Oceans. In the Pacific Ocean, half of the operations are made on floating objects while in the Indian Ocean, this proportion is 95%. Distance between successive log sets and searching time

increased in the Pacific, suggesting a possible decrease in fish abundance. As no data are available on the use of FADs (no records in the logbooks), data from experimental purse seining by Japan Marine Resources Research Center (JAMARC) was presented. The types of FADS used in the Indian and Pacific Oceans were described. Japanese purse seiners use radio buoys to locate their FADS. JAMARC's survey report suggested that fishing with a specific FAD takes place at an interval of 30 to 60 days in the Indian Ocean. Fishing trip of Japanese commercial boats in this ocean generally last about 30 to 45 days. Therefore, intervals reported by JAMARC vessels, which engaged only in experimental fishing, may not reflecting the real situation of commercial vessels. Japanese commercial boats generally dispatch about 20 to 30 FADs to the sea per boat-trip.

In the western Pacific, anchored FADs are used both by industrial and artisanal boats. In the Indian Ocean, fishing under natural and artificial logs has been the dominant fishing mode for the international purse seine fisheries (primarily French and Spanish vessels) since 1985, representing an average of about 58% of sets during the period 1985-95 (data from the FAO Indo-Pacific Tuna Program, IPTP). The species composition under FAD-associated schools is very similar to that observed in other oceans, including the Atlantic. During its final meeting in 1995, the former IPTP concluded that the increasing fishing power of the purse seiners was a critical problem with respect to estimation of trends in abundance (IPTP Report, 1996)

Dr. J. Cramer described preliminary analyses she conducted for yellowfin tuna at the 1997 SCRS meetings. GLMs incorporating year, area, quarter and catches on log sets per hour of fishing time as independent variables and catches on free schools per hour of fishing time as the dependent variable showed that there was a significant year effect for small (< 10 kg) and medium (10 - 30 kg) yellowfin, but not for large (> 30 kg) yellowfin. The independent variable, log catch per hour of fishing time was significant and positive for small yellowfin, non-significant for medium yellowfin and significant and negative for large yellowfin. These preliminary GLMs explained 47%, 28% and 38% of the variation for small, medium and large yellowfin, respectively. Other runs attempted to account for effort on log sets using the number of sets on logs or time spent fishing on logs, rather than catch on logs. Such models accounted for less of the variability than the models using the catch on log schools per hour of fishing.

The working group discussed various aspects of the current fishing strategy adopted by the eastern Atlantic purse seine fleet: the number of logs carried and deployed by vessels, the elapsed time between log deployment and log use, log retrieval and re-use, and the density of logs in a unit of fishing area. Precise details of the fishing strategies practiced were not available, but the working group discussed the likely options. Since 1991, vessels have carried logs, and this has been confirmed by observer data. Elapsed time between log deployment and fishing the log probably varies, but is usually less than a week. Following deployment, logs are left at sea and are tracked over a period of 2-3 months. In a 1° x 1° area, log density could be as high as 15-20.

The working group next proceeded to identify the factors affecting CPUE in tropical Atlantic tuna surface fisheries, particularly those that may have changed in recent years and may have led to increased fishing power. The following lists were produced as a result of a "brainstorming" session, and included information presented in SCRS/98/36 and 38.

Factors which may affect the fishing power of a vessel

- vessel size
- age of vessel or years in the fishery
- electronics (e.g. current meters, radar, echo-sounders, sonar, communication equipment, radio beacons on floating objects)
- access to current data from ARGOS buoys and other satellite technology
- fishing gear (net size, net depth, speed of net closure)
- use of spotter airplanes and helicopters
- use of auxiliary vessels
- experience of skipper and crew
- reflagging (which may result in changes in access to fishing grounds, changes in compliance with the regulations of regional fisheries organizations and crew changes)
- communication with other vessels
- fishing strategy (may be associated with the national origin of the vessel, may be affected by the comparative market price for different sizes or species of fish)
- fishing mode (fishing on free schools or floating objects)

Factors which may affect the catchability of the target species

- stock size
- oceanographic and seasonal variables (water temperature; upwelling, especially when followed by warm water temperatures; thermocline depth; current strength, particularly subsurface currents; proximity of convergence zones)
- distribution of fish and fishing effort (school size, school density)
- the behavior of schooling fish
- FADs (in some areas fish were not available before FADs; now fish may be leaving free schools to congregate beneath FADs)
- shrinkage of the range of the species (the "shrinking basin" effect)
- area fished
- patch effects
- competition between vessels
- local depletion

The need to be cognizant of "local effects" and "patch effects" was discussed. Local effects refer to the situation where vessels may temporarily deplete the fish in small areas, resulting in substantial declines in local CPUE, but such declines may not be indicative of the abundance of the stock as a whole. Patch effects are situations where small local concentrations of fish create very high catch rates for short periods of time, often attracting several vessels that compete for a limited biomass until the patch biomass falls below some threshold.

A small group was appointed to provide detailed descriptions of the most important of these factors, including descriptions of how their effects on fishing success may have varied over time, identification of the variables likely to have had the greatest influence, and an outline of the possibilities for obtaining data on each of these factors.

*5.1 In-depth examination of factors affecting CPUE and fishing power**--Vessel equipment**Planes and helicopters*

Helicopters and small planes made their appearance in the 1970s, but their use was discontinued in 1987 for the Spanish fleet and 1989 for the French fleet.

Bird radar

In the early 1980s, vessels located schools visually using long range binoculars (25x150 enlargement) as the fundamental devices for the detection of schools. Some of the boats were already equipped with 15 kw radar. From 1987 30 kw X band radar began to be used to detect sea birds within a range of 12 nautical miles. In 1990 vessels started to install 60 kw radar, with a 20 nautical mile range, supplemented with the plotting system ARPA. These systems were used to follow the actual movement of floating objects. Compared to use of binoculars, bird radar increases a vessel's searching capacity considerably, especially with regards to locating patches of high biomass.

Echo sounders and sonar

In the 1980s most of the purse seiners had depth sounders that recorded on paper. Beginning in 1986, the fleet started using 60 kc. echo sounders with a maximum range of 500 m. At the same time color echo sounders with better definition became available. In 1990, use of 45 kc echo sounders, which have a range of 1500 m began to be installed. Current meters also came into use at that time. The first sonars (scanning 360°) coupled with computers were used in the mid-eighties (1986 – 87). There has since been a spectacular development of sonars, allowing tuna schools to be followed closely during sets (even when the tuna school is deep and cannot be located by a surface sign). Sonars are used by skippers to decide whether or not the net will be launched (depending on the school size and its depth) and during the encircling operation (to follow the behavior of the school). The incorporation of sonar into the fishing operation has resulted in a more accurate estimate of the size of the school at depth. This became particularly important in the 1990s when the boats increased the depth of closure of the purse seine.

Auxiliary vessels

Auxiliary vessels (commonly called supply vessels) have been used since the beginning of the fishery, although they were used for different tasks. Until the 1980s, they were used by purse seiners to chum the tuna school in order to hold it stationary near the surface. After this period they were used to physically control access to seamounts (for a given fleet) and to communicate to the purse seiners belonging to the same company the amount of available tuna on the seamount. Now their main task is to follow and maintain the artificial logs.

Satellite imagery and facsimiles

Satellite imagery, faxes and computers give information on environmental factors in real time on board and assist in locating suitable areas for surface tuna schools (e.g. convergence areas). Satellites have been used by purse seiners primarily for sea surface temperature information (e.g. the images obtained from the METEOSAT satellite in Dakar), which is particularly useful in upwelling areas (coastal and equatorial).

Artificial floating objects

In 1991, another major important development took place in the fishery: the large-scale use of artificial floating objects, which led to changes in the species composition and sizes of the catches, as well as to the fishing area which was extended almost to Brazilian waters. Artificial floating objects usually have a radio beacon which is activated by radio signal and which transmits its own signal on a previously programmed frequency. Since 1995, some vessels have introduced logs equipped with ARGOS buoys, easily detected by satellite. At the same time, logs equipped with echo sounders were introduced in the French fleet, allowing transmission of the size of the school associated with each log. The number of artificial logs vary from one boat to another, although it is generally assumed to be high. At present there is no estimate of the total number of logs used. The incorporation of this fishing mode was very different for the French and Spanish fleets. In the Spanish fleet, it spread rapidly during 1991 (in that year, 40% of the total effort was directed to this kind of fishing). This percentage increased slightly in the following years. In contrast, the French fleet has gradually taken on this type of fishing mode beginning in 1994, the year in which the effort directed at fishing on logs practically equaled the effort not directed on logs. The use of floating objects has given rise to significant changes in the fishery. The total area of exploration has expanded considerably towards the west, owing to the fact that boats follow the drift of the objects caused by equatorial currents, drawing near to the American coast.

Increased efficiency of sets

Net dimensions (length and depth) have increased progressively, both for new and old vessels. During the 1980s, net length was around 1400 m with a depth of 200 m (resulting in an effective fishing depth of about 70 m); then at the beginning of the 1990s, net size increased slightly up to 1600 m length and 240 m depth. In the mid-1990s, nets reached 2000 m in length and 300 m in depth for the largest purse seiners (corresponding to about 150 m effective fishing depth). Increased net dimensions can affect the size of the catch per set (by reducing the escapement rate), and gives access to a deeper component of the stock. In the case of the tropical fishery, the increase in the depth of the purse seine could be one of the causes of the increased catches of bigeye tuna (a species which inhabits deeper waters than the two other tropical tunas species).

The Spanish system of handling and closing the net had spread to the French fleet by the mid-1980s. In both fleets, the method has been further enhanced by the use of stronger winches and cables to handle the net and recover it onboard. Major changes have been made in the hauling power of the purse seine winches and on the power block in order to reduce the time dedicated to hauling the net. Such innovations have considerably reduced the duration of sets and allowed setting the net in bad weather and over a greater number of time-area strata.

Age of vessels

The fishing power of an individual vessel may decrease over time for various reasons. For example, fishing power may decrease because of the interaction between vessels and crews (e.g., the best skippers and crews will move to new vessels, while less efficient skippers and crews will go on the oldest vessels), or because old vessels are not as fast as new ones, or because more time is needed for vessel maintenance. Speed may be a key factor during some critical periods of the fishing operations. Fast vessels have two advantages compared to slower ones: (a) higher coverage of the searching

area which may increase the encounter rate with schools, and (b) the capacity to reach a school sooner than competing vessels, or to set the net upon the school faster.

-- Experience of the skipper and crew

The experience of the skipper and crew is an essential factor in the fishing efficiency of any fleet. Taking into account the characteristics of the tropical surface tuna fishery it is likely that the crew and, in particular, the skipper's skill have a marked effect on the fishing efficiency of the purse seine fishery. Nevertheless, the crew effect is difficult to explicitly integrate into a catch rate standardization analysis (partly due to lack of appropriate data), but it may be incorporated implicitly along with other vessel effects. Even if appropriate data were available, the confidential nature and, in some cases, legal impediments make handling these data difficult.

-- Market effects

Market forces have an effect on the behavior of fishermen and influence the composition of the catch of tropical tunas. Most significant is the price of tuna, which fluctuates within a fishing season, and is quite different for different sizes and species of fish. Fishermen generally attempt to maximize revenues and profits. Accordingly, the decision to pursue, then to set the net, can be related to the estimated value of the commercial size category of the fish and the estimated size of the school. French fishermen tend to target large-sized yellowfin tuna because of its relatively high value. However, when the price differential between market categories narrows, they target other species and sizes (e.g. skipjack) as well. Market effects complicate the interpretation of logbook data gathered from fishermen. Depending on variations in prices, yearly changes in the targeted commercial size category can be inferred.

-- Fishing strategy

An important factor in the efficiency of any tuna fleet is the degree of cooperation or competition between fishing units. Cooperation is developed within sub-groups of vessels formed between friendly skippers (code groups). This cooperation is developed primarily (but not exclusively) within each flag. This active communication inside groups of vessels explain why any large concentration of tunas located by an individual purse seiner will rapidly be exploited (in general until its complete exhaustion) by a cooperating group of purse seiners. In such a situation, running toward the concentration (including running at night) should be included in the fishing effort. Unfortunately this component is quite difficult or impossible to incorporate, because this parameter is never recorded in the logbooks and probably quite variable over time. However it is quite clear that changes in cooperating units may introduce serious biases during a long period in the interpretation of any CPUE and biomass relationship.

In addition, increase in the practice of setting on seamounts have become important over the past 15 years.

-- Patch effects

Due to patch effects, a value of CPUE can be interpreted only as a function of the total fishing effort and of the total catches in each stratum. In general, it can be assumed that if the tuna biomass in a stratum is high, then the catches will also be high, and the CPUE should generally be high; on the contrary, low catches in any stratum probably means a low local biomass (on average). However, observations made in the eastern Atlantic Ocean have shown an apparent lack of relationship between local abundance and local CPUE. It appears that the highest CPUEs are often associated with the lowest catches, while the strata with the largest total catches (the richest strata) often show moderate CPUE. This is illustrated in **Figure 2**, which shows a typical exploitation pattern for a patch of large yellowfin tunas exploited during a single month. The rapid decline in daily catches and catch rates, and the small size of the exploited zone can be considered characteristic of the patch effect. In the example given in **Figure 2**, the patch was exploited by a maximum of 15 purse seiners and produced more than 10,000 MT. Several factors may explain these observations:

- very high fishing effort is exerted only in areas with large biomass of tunas. The high exploitation rate produces local depletion of the local biomass, which is exacerbated by competition between purse-seiners. In such a case, the local high biomass leads to medium or low local CPUE.

- low fishing effort exerted in a given stratum with a moderate biomass by a small number of cooperating vessels leads often to high CPUE (even when the total local biomass was moderate).

-- Environmental effects

Among the environmental factors that can modify the vulnerability of surface tuna schools, the depth of the thermocline is one of the most important. This factor directly affects the success rate of sets. Another important environmental factor is the speed and direction of subsurface currents. Various electronic devices allowing real time measurement of thermocline depth and subsurface currents before each set have been introduced progressively in the purse seine fishery. Knowing these parameters prior to deciding whether to set and during the set reduces the probability of unsuccessful sets. At the same time fishermen have improved their knowledge of surface currents and, accordingly, can evaluate the speed and direction of drifting of the artificial logs. For instance, logs released in the Gulf of Guinea can be followed along the equatorial areas to the western part of the Atlantic Ocean.

-- Summary

It appears that several improvements in fishing operations have been made in order to increase the fishing success of the purse seiners operating in the eastern Atlantic Ocean. These improvements directly affect the fishing power of the vessels and are related to an increase in encounter rates with schools and patches (due to an increase in the width and the depth of the area swept per unit of searching time), and a decrease of set time (for successful sets, as well as unsuccessful sets). At the same time, catchability (*i.e.*, the link between nominal effort and effective effort) is likely to have been affected by variation in the vulnerability of tuna schools and by modifications of fishermen's behavior. In contrast to fishing power, it is likely that these two characteristics fluctuate without trend over the years. Analysis of the ability of CPUE to reflect abundance and analysis of possible changes in catchability requires the coupling of traditional data on CPUEs for different species with auxiliary data sets, such as environmental factors (*e.g.*, depth of the thermocline and ecological areas), fishing modes (*i.e.*, fishing strategies), market prices of commercial categories, and other relevant factors.

A summary of the time of occurrence or evolution of the variables affecting fishing success is provided in **Table 1**.

5.2 Acquisition of additional data

Attempts to directly obtain some additional information from logbooks should be made. Such information could include the hour at which the set begins and ends (in order to estimate the searching time preceding a given set) as well as detailed information on the features of natural and artificial logs (*e.g.* whether they are equipped with radio beacons, Argos system, etc).

Changes in market prices of the various commercial categories of tunas is likely one of the major causes of changes in fishermen's behavior. Accordingly, the decision to pursue, then to set the net, can be related to the estimated commercial size category of the fishes. As raised during the Tuna Symposium, commercial databases on prices per size are readily available. This information should be collected by the ICCAT Secretariat to be used as explanatory variables during meetings of the SCRS assessment working group.

The relation between CPUE and tuna abundance may be altered by the existence of a non-random distribution of the tuna schools in space and in time. In this case, estimates of searching time should take into account the time spent moving between concentrations (including running time at night) and the time taken to locate these concentrations. Given the lack of precise information of this type in logbooks, onboard observer programs should be used to provide this level of detail. It may be possible to use observer data to estimate the amount of time devoted to the various activities for vessels without observers. In the same way, parameter estimates of the setting time (for both successful and unsuccessful sets) may be updated with observations made during observer programs.

Despite the difficulty of obtaining detailed information on the date of introduction of fishing equipment by vessels in the owner companies, surveys to obtain data on these improvements (during observer programs as well as on a periodic basis) should be encouraged.

6 Data handling and exploratory data analysis

The working group identified potentially useful variables to consider in analyses of CPUE and potential measures of fishing effort that could be used in such analyses.

Potentially useful variables to consider in analyses of CPUE

- Temporal and spatial variables: year; season (month, quarter etc); area (location) of catch; number of 1° x 1° areas accessed by the fishery by half-month.
- Catch rates: catch (numbers and/or weight) by species and size; catchability of other species; variability of catch rates; variability of catch rates between vessels (different fishing power); variability of catch rates for individual vessels over a short time within an area (local depletion effects); variability of catch rates over time (identify normal variability); time between sets with high catch rates; frequency of null sets; frequency of total sets (sets / day)
- Fleet variables: number of vessels fishing; time at which the fleet adopted new technological advances such as improved bird sighting radar (this variable identifies the potential for change in CPUE not related to stock size; it may be necessary to split the index)
- Individual vessel information: years vessel has been in a fishery category (vessel size is related to the speed of the vessel)

Potential measures of effort

- total number of sets
- number of positive sets
- number of null sets
- days or hours at sea
- fishing hours or days
- searching time in hours
- number of vessels fishing
- efficiency of individual vessels or categories of vessel

Potential dependent variables

The following variables were identified as potential candidates for the dependent variable in CPUE analyses:

- catch per hour fishing (where fishing hours includes both handling and searching)
- catch per hour searching **
- total number of sets per hour searching
- number of free school sets per hour searching (with handling time for log sets and null sets subtracted out) **
- catch per successful set (as an index of school size) **

The group concluded that it may be useful to estimate two indices: an index of the frequency of encounter of schools, and an index of the size of schools. Thus, the dependent variables, *number of free school sets per hour searching* and *catch per successful set* were singled out. *Catch per hour searching* represents a composite of these two variables. The chosen variables are denoted in the above list by the symbol '**'. The Group also agreed on a number of other details about how the data should be treated. Independent variables should include total catches by species and size, and total sets by set type. Given that almost all log sets are successful, the Group considered that it would be reasonable to approximate the total free sets as the sum of the successful free sets and all null sets. To index large yellowfin tuna, it was agreed that it would be best to restrict the analysis to free schools. Appropriate levels of aggregation were considered to be 5° x 5° areas for area, month for time, and vessel category and nationality for vessel identifiers. It was recommended that it may be useful to conduct a series of secondary analyses, including an analysis with data restricted to the primary fishing areas and times.

Methods of analysis

In the context of discussing potential methods of analysis, Dr. G. Watters of the IATTC gave a presentation on the Regression Tree method (Reference Document No. 1). This method provides an alternative for studying time series of catch per unit of effort data, and has two potential advantages over other approaches. First, they accommodate interactions between predictor variables and second, they may involve fewer parameters than comparable GLM or GAM models. An example based on CPUE data from the Japanese longline fishery for bigeye tuna was used to demonstrate the procedure.

It was agreed that preliminary regression trees should be developed for the tropical Atlantic tuna purse seine fisheries, as it would be useful to narrow down the factors which affect CPUE. It was also determined that GLM and GAM should be explored. Both of these models have been used in the past and thus they are familiar to the participants. The Working Group then further discussed priorities for the analyses, such as species, fish size category, and set type. It was agreed that both yellowfin and skipjack should be studied, but that priority should be given to free sets in the case of yellowfin since the fishing effort can be more clearly defined. The Working Group agreed that basic data summaries were a prerequisite to detailed analysis.

Selected data summaries are presented in **Tables 3-7**. The database includes the information for an annual average of 75 vessels from France, Spain and other nations from 1981-1996 (**Table 3**). The data set contained about 160,000 observations on the catch and effort by individual vessels in a 1° x 1° area, half-month and year, with about 90,000 observations from Spanish vessels, 50,000 from French vessels and 20,000 from vessels from other nations (**Table 4**). The number of observations by vessel size category and month are shown in **Tables 5 and 6**. Most frequently vessels made no sets in 1° x 1° area and half-month combinations, and more than 85% of the observations reported 0-2 sets (**Table 7**).

7 Analyses of catch and effort data

The methods of analysis developed were Regression Trees, Generalized Linear Models (GLMs) and Generalized Additive Models (GAMs). GAMs are an alternative to GLMs and do not assume a linear relationship between the response and predictor variables. Regression trees were applied to catch and CPUE data to illustrate which explanatory variables may be important. An example of regression trees is in Reference Document No. 1.

Regression Trees

The data selected for analysis were characterized by year: 1991-1996, all area, French and Spanish fleets, catch (YFT by size categories- 0-10 and >10 kgs), month 5° x 5° areas and effort (fishing hours= searching plus handling time).

Regression tree 1 modeled YFT catch with nine variables: 4 categorical variables - YFT size, set type (free, log), vessel category, and nation, and 5 continuous variables - latitude, longitude, year, month and effort (fishing hours). The fully grown tree had 104 nodes. Cross-validation results indicated that 10 nodes may be appropriate to explain catch; thus a pruned tree (**Figure 3**) was generated. Branches of the tree are illustrated at uniform spacing and do not relate to the actual distance between nodes. As shown in **Figure 3**, the most important variable to explain catch is yellowfin size. The number at the terminal node is the mean YFT catch. For example, if YFT size is 0-10 kgs, then the mean catch at the terminal node is 168 kgs (100*1.68). The right side of the tree illustrates the nodes for YFT larger than 10 kg. Variables of importance include effort, vessel category and set type.

The regression tree for CPUE is illustrated in **Figure 4**. Similar to catch, CPUE was initially split at YFT size. For YFT >10 kgs, variables of principal importance are set type, longitude and vessel category.

Scatter plots

In preparation for statistical analysis of the data set, the working group examined plots of the distributions of many of the variables considered for inclusion in analytical models. Each variable was plotted against each of the other variables, so that the degree of correlation among them might be visually evaluated (**Figure 5**). Few of the variables appeared to be correlated with catch.

GAMs

GAMs were conducted on YFT data aggregated using different temporal and spatial criteria.

The data were characterized by year: 1981-96, French, Spanish and other fleets, catch (YFT>10 kgs), and effort (searching hours) aggregated by vessel, half-month and 1° x 1° areas. The area of interest was 5°S - 5° N and 20°W-5°E and four broader areas were included (NE equator, PICCOLO, NW PICCOLO and S. Equator; see **Figure 6**). A GAM was fitted with YFT catch as the dependent variable. One variable was categorical (area). Continuous variables were year, fortnight, searching hours, catch by other vessels in the strata (CATYF1), nation, vessel category and a joint longitude and latitude distribution. Nation and vessel category were assumed to be continuous variables, but should be considered as categorical variables in subsequent analyses. A Poisson distribution and Loess smoothing were used. GAM results are shown in **Figure 7**. The relative range of the y-axis relates to the importance of each variable. The year variable can be considered as CPUE standardized for the other variables. The results are considered preliminary as there was no analysis of residuals conducted and there are additional explanatory variables which should be considered.

Analysis of free school sets per hour searching

As a proxy for the frequency of schools of large sized yellowfin, the number of free school sets per search hour was examined across years (assuming that all sets were free school sets during the period of 1981-1990). An initial assumption was made that vessels were actively searching for free schools during search time (hours fishing - handling time) even if traveling toward an artificial log. However, preliminary analyses showed dramatic changes in nominal set rate (free sets/search hour) between the period of 1981-1990 (0.1029, std dev=0.602) and the period 1991-1996 (0.0278, std dev=0.091) as well as parameter estimates which appeared to drop considerably beginning in 1991. These results suggested vessels may have a lower probability of detecting schools (or of choosing to make free school sets) during the latter period and that the two time periods should be analyzed separately.

The results of analyses of free sets using the GENMOD procedure in SAS (assuming an over-dispersed Poisson error distribution and using a log link function with an offset of logged search hours) are shown in **Table 8**. For 1981-1990, the significant factors shown are year, nation, quarter, vessel category and area. For 1991-1996, nation is no longer a significant effect.

Analysis of large yellowfin tuna caught per positive free set

The SAS GENMOD procedure was used to model the biomass of large yellowfin tuna caught per purse seine set on free swimming schools. Model variables included year (1981 to 1996), half-month, nation (France and Spain), vessel size category (5.6. and 7; 7 was renamed 1), area of catch (NE Equator, S Equator, and PICCOL; PICCOLO was renamed X PICCOLO), and catch of large yellowfin by other vessels in the same 1°x 1° area. A log linkage and a Poisson distribution were applied.

All model variables were significant (**Table 9**). However, the residual pattern was strange and the negative correlation between vessel size (vessel category) and the average catch of yellowfin per set was unexpected.

GLM analysis on catch per hour of searching

As was the case for the other GLM analyses, data were restricted to large yellowfin and free sets, and a Poisson distribution was assumed as an error structure. At first, only main effects were included to check their significance. These factors were year, month, latitude and longitude by 5-degree areas, yellowfin area (except NW PICCOLO), vessel category, and total catch of large yellowfin in the same 1-degree area strata. During the fitting, it was found that there were about 2700 observations of zero searching time; these were excluded from the analyses. All main effects were significant so that they were kept in the model. The final model analyzed included all main effects and an interaction between month and area. The most important contributing factor was total catch of large yellowfin taken from the same 1-degree area, followed by vessel category, year, and month. Generally, the estimated parameters agreed with the current knowledge, and surprisingly estimated CPUE was very similar to nominal CPUE, although the former exhibited less annual variation (**Figure 8**).

8 Recommendations for future research, analysis and data collection.

The working group made several recommendations to (a) improve the quality of the current database and the quality and quantity of data currently acquired from the fishery, (b) to conduct further analyses and utilize alternative models, and (c) to conduct additional research.

Data improvements and further data acquisition from the fishery

- 1) The eastern tropical Atlantic purse seine data requires further auditing and documentation, prior to future data analyses. In particular, the following database anomalies need to be examined and corrected or flagged.
 - records with catch data but zero sets;
 - vessel records with too much effort, and too many sets per half-month
 - vessel codes with multiple vessel categories; and
 - records with unrealistic hours fished.
- 2) The group considered it important to collect more comprehensive data on searching time, handling time, set duration, and discards. Using a similar approach to that applied to one US fleet operating in the western Pacific, Atlantic purse seine logbooks could include one or more columns for recording amounts of each species discarded. Observer data could then be used to calibrate those records considered to be inaccurate or missing. In addition, the group recommended studying the feasibility of using an automated data recording device for monitoring position, time and duration of sets during fishing trips.
- 3) Additional data could also be collected on an annual basis using observers, or by conducting dockside interviews at the end of each trip. By this means, it may be possible to gather information on vessel and gear characteristics such as net dimensions, electronic devices in use and detection range, and average number of logs used.
- Observer coverage of vessel and fishing activities should be conducted at a level and frequency adequate to provide statistically valid data on fishing operations.

Models and analyses

- 1) Although set by set data has not been incorporated into the ICCAT database due to the confidentiality concerns expressed by the countries involved, collaborative work in a small inter-sessional meeting on the available set by set data is encouraged.
- 2) A Poisson error distribution was assumed for all GLM analyses presented here. Additional analyses should be conducted using a different error distribution; interactions should also be considered.
- 3) There was insufficient time to conduct some of the analyses outlined in section 6. In particular, analyses should be attempted on (i) data aggregated by $5^\circ \times 5^\circ$ areas, month and vessel category and nation, and (ii) a restricted data set comprising only the most important area-time strata.
- 4) It may be useful to identify vessels with high quality data for more detailed data analysis for such factors as improvement in equipment over time and types of sets prior to 1991.
- 5) Geo-statistical and other methods capable of handling spatial and temporal patterns should be explored for data analysis.
- 6) More information should be obtained on the set type of purse seine operations for the period prior to 1991.
- 7) Better algorithms for estimating search time could be developed by taking into account time spent in setting on FADs at night and free school sets initiated late in the day. This can be accomplished utilizing observer data.

Additional research

- 1) Tagging studies should be conducted to obtain information on (i) stock size and fishing mortality, and (ii) the rate of accumulation of fish around logs. Although costly, tagging studies were considered to be high priority because of the quality and reliability of the results they yield. It was noted that recommendation (ii) could be integrated with a program for achieving (i), or could be conducted as an independent activity.
- 2) There is a need to study behavior of fish associated with FADs using research vessels for studies including conventional tagging, sonic tags, and acoustic surveys. This activity could be integrated with recommendation 1(i), or could be conducted separately. The Group noted that this recommendation has a higher priority for skipjack and bigeye than for yellowfin.
- 3) Aerial surveys to determine total numbers of logs were suggested, but these may be costly and so were assigned low priority.

9 Adoption of Report

The draft report was presented at the final session. With modifications, the report was adopted, with the condition that the participants would have a chance to review the final clean version, before it is finalized.

10 Adjournment

The Chairperson, Dr. Mace thanked the participants and the Secretariat for their collaboration and staff of Miami Laboratory for their excellent support of the meeting. The participants expressed appreciation for the chairperson for her efficient manner in convening the meeting.

The meeting was adjourned.

RAPPORT DES JOURNÉES D'ÉTUDE DE L'ICCAT
SUR LES INDICES D'ABONDANCE DES PÊCHERIES THONIÈRES TROPICALES DE SURFACE
Miami, Floride, USA, 11-15 mai 1998
 (SCRS/98/19)

1. Ouverture de la réunion

Conformément à une décision prise par le SCRS à sa réunion de 1997, les Journées d'étude de l'ICCAT sur les indices d'abondance des pêcheries thonières tropicales de surface se sont tenues au NMFS Southeast Fisheries Science Center, Miami, Floride, sur invitation du Gouvernement des Etats-Unis. Le D^r P. Mace, qui présidait la réunion, et le D^r B. Brown, Directeur du Centre, ont déclaré la réunion ouverte. Le D^r Brown a souhaité la bienvenue à tous les participants en souhaitant au groupe que la réunion soit couronnée de succès. Le Secrétaire Exécutif Adjoint de l'ICCAT a remercié le Gouvernement des Etats-Unis et le Southeast Fisheries Science Center de leur invitation et de leur appui logistique. Le D^r Mace, Coordinateur du Groupe de travail, a souhaité la bienvenue aux participants et a passé en revue les objectifs de la réunion, ci-dessous récapitulés:

Objectif 1.

Débattre de l'interprétation des données de prise et d'effort des pêches de surface, en particulier les pêcheries à la senne, y compris des facteurs affectant la CPUE et du rapport existant entre la CPUE locale et celle du stock entier, et traiter la question de l'impact que l'utilisation croissante d'objets flottants dans ces pêcheries peut avoir sur la puissance de pêche. L'accent sera mis sur l'albacore, le listao et le thon obèse, selon cet ordre de priorité.

Objectif 2.

Offrir une enceinte pour le débat sur l'utilité de différents types de données de prise et d'effort provenant des pêcheries thonières tropicales de surface, en tant qu'indicateurs des tendances de l'abondance du stock.

Objectif 3.

Suggérer des méthodes analytiques pour la standardisation de l'effort de pêche et pour quantifier l'augmentation de la puissance de pêche pour ces pêcheries.

Objectif 4.

Mettre à l'épreuve des hypothèses sur l'interprétation des données de prise et d'effort sur un jeu de données exhaustif et détaillé provenant des flottilles de surface (en particulier des bateaux français et espagnols) opérant dans l'Atlantique tropical est.

Objectif 5.

Déterminer les besoins de données, et examiner les options de recherche et de gestion qui faciliteraient la collecte des données essentielles.

Tous les participants se sont présentés ; ils comprenaient le Président du SCRS, des scientifiques de la Commission Européenne, du Japon, du Maroc, du Royaume-Uni (Bermudes) et des Etats-Unis, ainsi que des observateurs de la CARICOM, de la CIATT, de la SPC et du Taïpei chinois. Le personnel du Secrétariat de l'ICCAT était également présent. La liste des participants figure ci-joint en **Appendice 2**.

2. Adoption de l'Ordre du jour et organisation des sessions

Le Coordinateur a présenté l'Ordre du jour provisoire, diffusé au préalable, et a exposé un plan de travail fondé sur l'Ordre du jour. L'Ordre du jour a été adopté et figure ci-joint en **Appendice 1**. Il a été décidé qu'il vaudrait mieux examiner ensemble les points 5 et 7b de l'Ordre du jour et qu'il serait préférable de traiter le point 7 en deux ou trois sous-groupes distincts.

Le Coordinateur a ensuite assigné à différents points de l'Ordre du jour les documents présentés à cette séance, là où ils seraient examinés. Cinq documents originaux et plusieurs documents de référence ont été fournis (voir **Appendice 3**).

Il a été décidé que le rapport de la réunion serait fondé sur les points de l'Ordre du jour. Les rapporteurs désignés pour chaque point de l'Ordre du jour sont identifiés dans le rapport et le travail général de correction a été effectué par le Président et le Secrétaire Exécutif Adjoint.

3. Description des pêcheries thonières de surface de l'Atlantique tropical est

Le GT a examiné le document SCRS/98/36 (présenté par le D^r P. Pallares) et le document SCRS/98/38 (présenté par le D^r A. Fonteneau), qui ont fourni une description des pêcheries et les données disponibles provenant des pêcheries à la senne française et espagnole actives dans l'Atlantique est. Le GT a noté que jusqu'aux années 1950, il n'existait que des pêcheries artisanales pour les espèces de thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique. Historiquement, divers engins ont été utilisés et les prises étaient composées de plusieurs espèces de thonidés tropicaux et de petits thonidés. Cependant, à partir des années 1950 et 1960, trois méthodes de pêche se sont développées et ont formé des pêcheries importantes : la pêche à la palangre, qui au départ ciblait l'albacore de grande taille dans les eaux de surface et qui vise actuellement principalement le thon obèse adulte en eaux plus profondes ; la pêche à la canne qui cible les trois espèces dans les zones côtières ; et les pêches à la senne qui prennent principalement le listao et l'albacore, alors que le thon obèse est d'importance secondaire. Les zones de pêche actuellement exploitées par les senneurs sont présentées à la **Figure 1**. Les compositions par espèce et par taille des prises varient selon la zone de pêche.

Les prises de thonidés tropicaux de l'Atlantique ont augmenté rapidement, partant d'une capture annuelle de 3.000 TM en 1950 à une prise annuelle moyenne de plus de 400.000 TM dans les années 1990. Cet accroissement, plus flagrant au cours des deux dernières décennies, est principalement dû, et à une expansion de la zone de pêche et à une augmentation de la taille des flottilles, ainsi qu'à un accroissement de la puissance de pêche. Le développement de ces pêcheries a été plus prononcé dans l'Atlantique est que dans l'Atlantique ouest. Bien que les prises des trois espèces aient augmenté de façon marquée tout au long de la période de la pêcherie, l'albacore a été la plus importante des espèces capturées. Cependant, au cours des années plus récentes, les prises de listao ont dépassé celles d'albacore. Depuis les années 1960, la plus grande partie de la capture accrue a été réalisée par la pêcherie à la senne. La raison en a été que la flotte de senneurs a rapidement augmenté du début des années 1960 au milieu des années 1980, et a amélioré de manière continue sa technologie de pêche au fil des années, notamment avec l'introduction d'un radar à oiseau dans les années 1980, des améliorations de la structure de l'engin, l'introduction de dispositifs électroniques pour mesurer la profondeur de la thermocline et les courants de subsurface avant une opération, l'utilisation d'objets¹ flottants artificiels à partir de 1991, et l'utilisation d'images satellites. A la suite de l'introduction des objets flottants artificiels, la composition par espèce et la composition par taille des bancs de poissons a changé. De manière générale, les bancs sous objets sont composés de listao et de juvéniles d'albacore et de thon obèse, alors que les bancs libres se déplaçant sont composés de façon prédominante d'individus plus grands d'albacore. Les prises des canneurs ont présenté un léger accroissement seulement au long des années ; la prise palangrière est demeurée relativement stable à partir de 1960 (document SCRS/98/36). On ne croit pas que les rejets soient globalement significatifs, mais il se pourrait qu'ils soient localement importants pour certains éléments de la pêcherie.

Il a été noté que la zone totale de pêche exploitée annuellement par les senneurs a atteint un maximum d'environ 550 zones de 1°x 1° en 1978, suivi d'une baisse graduelle à 425 zones de 1°x 1° en 1986, et a ensuite de nouveau augmenté et est restée relativement constante aux alentours de 450 zones de 1° x 1° au cours des toutes dernières années (SCRS/98/38). En comparaison, jusqu'en 1991, le nombre de zones de 1°x 1° dans lesquelles des prises étaient réellement effectuées était notablement plus bas que le nombre total de zones de 1°x 1° exploitées chaque année. Bien que la zone totale de pêche à la senne soit demeurée relativement

¹ Dans ce rapport, par le terme "objet(s) flottant(s)" on se réfère aux objets flottants naturels aussi bien qu'aux dispositifs de concentration du poisson (DCP).

inchangée au fil du temps depuis l'année 1979, les prises ont augmenté en 1991, et ont été effectuées sur une ample zone de pêche allant jusqu'au sud de 2°N de latitude et à l'ouest jusqu'à 30°W de longitude.

Données disponibles

Le GT a examiné la structure des fichiers de données de la pêche à la senne est-atlantique disponibles, qui étaient décrits à l'Annexe 1 du document SCRS/98/38. Les données de prise et d'effort ont été fournies pour des bateaux individuels, regroupées par périodes d'un 1/2 mois et par zones de 1°x 1°. Ces données sont considérablement plus détaillées que celles contenues dans la base de données Tâche II de l'ICCAT. Cinq mesures d'effort de pêche ont été enregistrées, mais certaines d'entre elles n'ont pas pu être allouées au type de banc exploité ; c'est à dire banc sous objets flottants ou banc libre. Il a été débattu de l'interprétation des différentes mesures d'effort, ainsi que de l'utilisation du temps de prospection du bateau en tant que mesure valable de l'effort effectif. Le document SCRS/98/36 fournit un examen de l'estimation du temps de prospection du bateau, fondée sur des informations provenant de programmes d'observateurs.

Les données de capture ont été stratifiées selon le type d'association des opérations (objets flottants, banc libre, inconnu) et ont été enregistrées séparément pour les espèces principales. Dans le cas de l'albacore et du thon obèse, les prises ont ensuite été subdivisées en deux catégories de taille (inférieure ou égale à 10 kg et supérieure à 10 kg). Les capitaines de bateaux français estiment les prises réalisées par opération, et ces estimations sont ensuite soumises au prorata afin de concorder avec les débarquements véritables. Dans le cas des bateaux espagnols, seules les estimations des carnets de pêche étaient disponibles. Par ailleurs, les données ont été corrigées pour ce qui est de la composition par espèce et des tailles, sur le fondement des procédures décrites dans le Rapport du GT sur les thonidés tropicaux juvéniles en 1984 et dans le document SCRS/97/28. Les données de programmes d'observateurs suggèrent que les opérations nulles sont courantes sur les bancs libres se déplaçant, mais qu'elles sont relativement rares sur les bancs sous objets (approximativement 22 % et 3 % respectivement pour les senneurs français et espagnols pendant la période 1991-1995 ; SCRS/96/62). Dans une tentative de redéfinition et de classement des opérations d'association inconnue dans les fichiers de données, on utilise des critères tels que la composition par taille et la composition par espèce des prises, en fonction de la zone, afin de déterminer s'il est probable que l'opération ait été réalisée sur un banc sous objets ou sur banc libre.

Le GT a constaté que l'information sur la taille du bateau, l'expérience et la nationalité des capitaines, ainsi que l'histoire du bateau (comme, par exemple, changement de capitaine) pourrait être incluse afin d'améliorer la mesure de l'effort effectif. Cependant, il a été noté qu'il n'y a pas de facteurs indexant de manière explicite les changements de l'efficacité de pêche des senneurs individuels compris dans le fichier de données disponible.

4. Méthodes utilisées par d'autres organisations régionales pour évaluer les stocks de thonidés exploités par les pêcheries de surface

Secrétariat de la Communauté du Pacifique (SPC)

Comme cela est décrit dans le document SCRS/98/39, le SPC a mené deux expériences de marquage à grande échelle dans le Pacifique central ouest. Ces expériences ont fourni une information utile sur le déplacement des thonidés, principalement le listao et l'albacore, et ont estimé des paramètres de la population tel que la mortalité naturelle et par pêche. Il est ressorti que, bien qu'il ait augmenté entre les deux expériences, le taux d'exploitation demeure bas, à environ 20 % pour chaque espèce. La liste des données de prise et d'effort des principales flottilles industrielles tenues au SPC a été présentée. Les CPUE du listao exprimées en capture par journée ont augmenté depuis le début des années 1980 jusqu'aux années 1990, et pour la pêche à la canne et à l'hameçon et pour celle à la senne, en raison probablement d'une augmentation de l'efficacité. Les CPUE de l'albacore pour les senneurs japonais et des Etats-Unis ont fluctué depuis le début des années 1980. Certaines des éventuelles difficultés de la standardisation de la CPUE furent ensuite déterminées. Pendant le débat qui a suivi, certains participants ont suggéré que le coût de l'expérience de marquage (1M US\$) était relativement "raisonnable" comparé à la valeur de la pêcherie (800M US\$ par an) et au bénéfice de l'information obtenue. Il a cependant été dit qu'il serait difficile de mettre en place une telle expérience de façon régulière. Etant donné

qu'une expérience de marquage représente un instantané de la pêcherie, il est nécessaire d'employer d'autres méthodes. La question a surgi de savoir si la mise en place de EEZ ("Extended Economic Zones") dans le Pacifique a modifié la distribution spatiale de l'effort comme cela a été le cas dans l'Atlantique. Actuellement, dans l'Atlantique, 60 % de l'effort est situé à l'extérieur des EEZ. Ce n'est pas le cas dans le Pacifique ouest, où 80 % de l'effort est encore localisé à l'intérieur de la EEZ des communautés des archipels. Enfin, il a été conclu qu'il y avait encore plusieurs questions complexes à traiter en ce qui concerne l'utilisation des données de prise et d'effort en tant qu'indicateurs de l'état du stock ; par exemple, les problèmes d'estimation des augmentations de la puissance de pêche et de la détermination exacte des espèces et de la composition par taille. Actuellement, la composition de la prise et les données de taille viennent principalement de la flottille de senneurs des Etats-Unis. Les données provenant des flottilles pêchant en eaux lointaines se sont améliorées depuis 1993 avec la mise en place des programmes d'échantillonnage au port de la SPC, mais le taux de couverture par observateur demeure faible.

Commission Inter-Américaine du Thon Tropical (CIATT)

La CIATT utilise les modèles linéaires généralisés (GLM) pour standardiser les données de CPUE des pêcheries de thonidés dans l'Océan Pacifique est (voir le Rapport annuel de 1995 de la CIATT (1997) pour avoir une présentation à grands traits de la méthodologie). Les journées de pêche et le temps de prospection ont tous les deux été utilisés comme unités d'effort pour la pêcherie à la senne d'albacore. Les données de prise et d'effort proviennent des carnets de pêche. Les GLM ajustés par la CIATT contiennent les incidences de la zone, du temps et du mode de pêche, et un effort considérable a été réalisé pour l'étude de la façon dont la zone et le temps agissent l'un sur l'autre jusqu'à affecter la CPUE. Les interactions zone-temps étant un élément important de la variation de la CPUE, la CIATT estime des indices d'abondance pour de petites zones et ensuite des moyennes sur ces indices de haute résolution pour élaborer des indices régionaux. Le processus aboutissant aux moyennes comprend à la fois l'effort et la pondération par zone de la surface de la mer. Les variables qui classent explicitement la modification technologique n'ont pas encore été incorporées dans les GLM. La CIATT utilise des indices d'abondance standardisés à partir des GLM en tant que données d'entrée pour la modélisation généralisée de la production et l'analyse de cohorte.

5. Facteurs affectant la CPUE et contribuant à l'accroissement de la puissance de pêche dans les pêcheries thonières tropicales de senneurs

Le Dr G.T. Sakagawa a présenté le document SCRS/98/35, qui décrit les analyses des données sur la pêche à la senne des Etats-Unis en provenance de l'Océan Pacifique central occidental. Entre les années 1981 et 1995, environ 80 % des opérations furent réalisées sur bancs libres qui se déplacent, et 20 % sous objets dérivants. Depuis 1995, les opérations sur bancs libres qui se déplacent ont diminué, et celles sous objets dérivants ont augmenté. En 1997, le type dominant était les opérations sous objets dérivants. Du fait que 94 % des opérations effectuées sous objets dérivants aboutissent à des captures, alors que 50 % seulement des opérations sur bancs libres qui se déplacent donnent lieu à des prises, et parce que la prise par opération productive est virtuellement la même pour les deux types d'opération, 40 TM par opération productive, la CPUE a augmenté en raison de l'efficacité accrue de la flottille, indépendamment des changements d'abondance du stock. La conclusion qui a été tirée est qu'il est très difficile d'interpréter la variation de la CPUE et de la mettre en relation avec les variations de l'abondance du stock, même si on allait collecter plus d'information.

Le Dr H. Okamoto a présenté le document SCRS/98/37, qui déterminait certains facteurs qui affectent potentiellement les taux de capture des senneurs japonais dans les océans Indien et Pacifique. Dans l'Océan Pacifique, la moitié des opérations sont effectuées sous objets flottants alors que dans l'Océan Indien, la proportion est de 95 %. La distance entre les opérations successives sous objets flottants et le temps de prospection ont augmenté dans le Pacifique, ce qui suggère une baisse possible de l'abondance du poisson. En l'absence de données disponibles sur l'utilisation des Dispositifs de Concentration du Poisson (DCP) (pas de registres dans les carnets de pêche), les données provenant de la pêche à la senne expérimentale par le Japan Marine Resources Research Center (JAMARC) ont été présentées. Les types de DCP utilisés dans les océans Indien et Pacifique ont été décrits. Les senneurs japonais utilisent des radio-bouées afin de localiser leurs DCP. Le rapport de la prospection du JAMARC a suggéré que la pêche avec un DCP spécifique a lieu tous les 30

à 60 jours dans l'Océan Indien. Les sorties de pêche des bateaux commerciaux japonais dans cet océan durent généralement de 30 à 45 jours environ. Par conséquent, il est possible que les intervalles indiqués par les bateaux de la JAMARC, qui ne concernent que la pêche expérimentale, ne reflètent pas la situation réelle des bateaux commerciaux. Les bateaux commerciaux japonais mettent généralement à la mer de 20 à 30 DCP environ par sortie de bateau.

Dans le Pacifique ouest, les bateaux industriels comme les bateaux artisanaux utilisent des DCP ancrés. Dans l'Océan Indien, depuis 1985, la pêche sous objets flottants naturels et artificiels a été le mode de pêche dominant pour les pêcheries internationales à la senne (principalement les bateaux français et espagnols), ce qui représente une moyenne d'environ 58 % des opérations durant la période 1985-1995 (données provenant du FAO/IPTP). La composition par espèce dans le cadre des bancs associés à des DCP est très semblable à celle que l'on observe dans d'autres océans, dont l'Atlantique. Au cours de sa dernière réunion en 1995, le précédent IPTP a conclu que la puissance de pêche croissante des senneurs était un problème critique en ce qui concerne l'estimation des tendances de l'abondance (IPTP Report, 1996).

Le Dr J. Cramer a décrit les analyses préliminaires qu'elle a conduit pour l'albacore aux réunions de 1997 du SCRS. Les GLM qui incorporent l'année, la zone, le trimestre et les captures réalisées par opérations sous objets flottants par heure de temps de pêche en tant que variables indépendantes ainsi que les prises sur bancs libres par heure de temps de pêche en tant que variables dépendantes, ont montré qu'il y avait un effet année important pour les petits (< 10 kg) et les moyens (10-30 kg) albacores, mais non pour les grands (> 30 kg). La variable indépendante, prise sous objets flottants par heure de temps de pêche, était importante et positive pour les petits albacores, non importante pour les albacores moyens, et importante et négative pour les grands albacores. Ces GLM préliminaires ont expliqué 47 %, 28 % et 38 % de la variation pour les petits, moyens et grands albacores respectivement. D'autres passages ont tenté de prendre en compte l'effort correspondant à des opérations sous objets flottants en utilisant le nombre d'opérations ou le temps passé à pêcher, plutôt que la prise sous objets flottants. Ces modèles ont moins rendu compte de la variabilité que les modèles qui utilisent la prise sur bancs sous objets par heure de pêche.

Le GT a débattu de différents aspects de la stratégie actuelle de pêche adoptée par la flottille de senneurs est-atlantique : le nombre d'objets transportés et déployés par les bateaux, le temps écoulé entre le déploiement d'un objet flottant et son utilisation, sa récupération et sa réutilisation, et la densité d'objets flottants dans une unité de zone de pêche. Les détails précis des stratégies de pêche pratiquées n'étaient pas disponibles, mais le GT a débattu des options probables. Depuis 1991, des bateaux ont transporté des objets flottants, et ceci a été confirmé par des données d'observateurs. Le temps écoulé entre le déploiement de l'objet flottant et la pêche dudit objet varie probablement, mais il est habituellement inférieur à une semaine. Après leur déploiement, les objets flottants sont laissés en mer et sont suivis sur une période de 2-3 mois. Dans une zone de 1°x 1°, la densité en objets flottants pourrait s'élever jusqu'à 15-20 objets.

Le GT a ensuite procédé à l'identification des facteurs qui affectent la CPUE dans les pêches de surface de thonidés tropicaux atlantiques, en particulier ceux qui pourraient avoir changé ces dernières années et pourraient avoir donné lieu à une puissance de pêche accrue. Les listes suivantes ont été présentées comme résultat d'une séance de "brainstorming", et comprenaient des informations exposées dans les documents SCRS/98/36 et SCRS/98/38.

Facteurs qui pourraient affecter la puissance de pêche d'un bateau

- taille du bateau
- âge du bateau ou années passées dans la pêche
- appareils électroniques (par exemple, courantomètres, radars, échosondeurs, sonars, équipements de communication, radiophares sur objets flottants)
- accès aux données de bouées ARGOS et d'une autre technologie satellitaire sur les courants
- engin de pêche (taille du filet, profondeur du filet, vitesse de fermeture du filet)
- utilisation d'avions et d'hélicoptères détecteurs
- utilisation de bateaux auxiliaires
- expérience du capitaine et de l'équipage

- changement de pavillon (qui peut aboutir à des modifications en matière d'accès aux lieux de pêche, à des modifications en matière de respect des réglementations des organisations régionales de pêche et à des changements d'équipage)
- communication avec d'autres bateaux
- stratégie de pêche (peut être associée à l'origine nationale du bateau, peut être affectée par le prix comparatif du marché pour différentes tailles ou espèces de poisson)
- mode de pêche (pêche sur bancs libres ou sous objets flottants)

Facteurs qui peuvent affecter la capturabilité de l'espèce ciblée

- taille du stock
- variables océanographiques et saisonnières (température de l'eau ; affleurement, en particulier quand il est suivi de chaudes températures de l'eau ; profondeur de la thermocline ; force du courant, en particulier des courants de subsurface ; proximité de zones de convergence)
- distribution du poisson et effort de pêche (taille du banc, densité du banc)
- le comportement du poisson se regroupant en banc
- DCP (dans certaines zones, il n'y avait pas de poissons disponibles avant les DCP ; maintenant, des poissons peuvent éventuellement abandonner des bancs libres pour se regrouper sous des DCP)
- réduction de la gamme des espèces (l'effet "shrinking basin")
- zone exploitée
- effets de concentration
- concurrence entre bateaux
- dépeuplement local

Il a été débattu de la nécessité d'avoir connaissance des "effets locaux" et des "effets de concentration". Les effets locaux renvoient à la situation où les bateaux peuvent temporairement épuiser le poisson dans de petites zones, donnant lieu à des baisses substantielles de la CPUE locale, mais ces baisses peuvent ne pas être indicatrices de l'abondance du stock en tant qu'ensemble. Les effets de concentration sont des situations où de petites concentrations locales de poisson créent des taux de capture très élevés pour de courtes périodes de temps, attirant souvent plusieurs bateaux qui se disputent une biomasse limitée jusqu'à ce que la biomasse de la concentration tombe en dessous d'un certain seuil.

Un petit groupe a été désigné pour fournir des descriptions détaillées des plus importants de ces facteurs, y compris des descriptions de la manière dont leurs effets sur le succès de la pêche peut avoir varié au fil du temps, la détermination des variables ayant probablement eu l'influence la plus grande, et une ébauche des possibilités visant à obtenir des données sur chacun de ces facteurs.

5.1 Examen exhaustif des facteurs affectant la CPUE et la puissance de pêche

Equipement du bateau

-- Avions et hélicoptères

Les hélicoptères et les petits avions ont fait leur apparition pendant les années 1970 ; toutefois, leur utilisation a été abandonnée en 1987 pour ce qui est de la flottille espagnole, et en 1989 en ce qui concerne la flottille française.

-- Radars à oiseaux

Au début des années 1980, les bateaux localisaient visuellement les bancs en utilisant des jumelles de longue portée (agrandissement de 25x150) comme dispositifs fondamentaux pour la détection des bancs. Certains des bateaux étaient déjà équipés de radars de 15 kw. A partir de 1987, on a commencé à utiliser le radar de 30 kw X-band pour détecter les oiseaux de mer dans une portée de 12 milles nautiques. En 1990, les bateaux commencèrent à installer des radars de 60 kw, d'une portée de 20 milles nautiques, complétés par le programme

graphique ARPA. Ces systèmes ont été utilisés afin de suivre le déplacement véritable des objets flottants. Par rapport à l'utilisation des jumelles, les radars à oiseaux accroissent considérablement la capacité de prospection d'un bateau, en particulier en ce qui concerne la localisation de concentrations importantes de biomasse.

-- Echosondeurs et sonars

Dans les années 1980, la plupart des senneurs avaient des sondes de profondeur qui enregistraient sur papier. A partir de l'année 1986, la flottille a commencé à utiliser des échosondeurs de 60 kc. d'une portée maximale de 500 m. Au même moment, des échosondeurs en couleurs de meilleure définition devinrent disponibles. En 1990, l'utilisation d'échosondeurs de 45 kc, qui ont une portée de 1500 m, commença à s'installer. Les courantomètres commencèrent également à être utilisés à ce moment. Les premiers sonars (balayant 360 °) associés à des ordinateurs étaient utilisés durant la période du milieu des années 1980 (1986-1987). Depuis, il y a eu une évolution spectaculaire des sonars, permettant de suivre de près les bancs de thonidés pendant les opérations (même lorsque le banc se trouve en profondeur et ne peut pas être localisé par un signal de surface). Les capitaines utilisent les sonars pour décider si le filet sera lancé ou non (en fonction de la taille du banc et de sa profondeur) et pendant l'opération d'encerclement (pour suivre le comportement du banc). L'incorporation d'un sonar à l'opération de pêche a abouti à une estimation plus précise de la taille du banc en profondeur. Ceci est devenu particulièrement important dans les années 1990 quand les bateaux ont augmenté la profondeur à laquelle se ferme la senne.

-- Bateaux auxiliaires

Les bateaux auxiliaires (communément appelés bateaux de ravitaillement) ont été utilisés depuis le commencement de la pêche, bien qu'ils étaient employés pour des tâches différentes. Jusqu'aux années 1980, ils étaient utilisés par les senneurs pour appâter les bancs de thonidés afin de les maintenir immobiles près de la surface. Après cette période, ils étaient employés pour contrôler physiquement l'accès aux guyots (pour une flottille donnée) et pour communiquer aux senneurs appartenant à la même société la quantité de thonidés disponibles sur le guyot. Maintenant, leur principale tâche est de suivre et d'entretenir les objets flottants artificiels.

-- Images par satellite et fac-similés

Les images par satellite, les télécopies et les ordinateurs donnent des informations sur les facteurs environnementaux en temps réel, à bord, et aident à localiser les zones appropriées pour les bancs de surface de thonidés (par exemple, les zones de convergence). Les satellites ont principalement été utilisés par les senneurs pour les informations de température de surface de la mer (par exemple, les images obtenues du satellite METEOSAT à Dakar), ce qui est particulièrement utile dans les zones d'affleurement (côtières et équatoriales).

-- Objets flottants artificiels

En 1991, un autre événement d'importance majeure a eu lieu dans la pêche : l'utilisation à grande échelle des objets flottants artificiels, qui a conduit à des changements dans la composition par espèce et la taille des prises, ainsi qu'en ce qui concerne la zone de pêche qui a été étendue presque jusqu'aux eaux brésiliennes. Les objets flottants artificiels ont habituellement un radiophare, qui est activé par signal radio et qui transmet son propre signal sur une fréquence programmée au préalable. Depuis 1995, quelques bateaux ont introduit des objets flottants équipés de bouées ARGOS, facilement détectées par satellite. Parallèlement, des objets flottants équipés d'échosondeurs étaient introduits dans la flottille française, permettant la transmission de la taille du banc associé à chaque objet. Le nombre d'objets artificiels varie d'un bateau à l'autre, bien qu'il soit généralement supposé être élevé. Actuellement, il n'y a pas d'estimation du nombre total d'objets utilisés. L'incorporation de ce mode de pêche a été très différente pour les flottilles française et espagnole. Dans la flottille espagnole, il s'est répandu rapidement durant l'année 1991 (cette année-là, 40 % de l'effort total fut consacré à ce type de pêche). Ce pourcentage a légèrement augmenté les années suivantes. Par contre, la flottille française a adopté de manière graduelle ce type de mode de pêche à partir de 1994, année au cours de laquelle l'effort dirigé à la pêche sous objets flottants a pratiquement égalé l'effort n'y étant pas dirigé. L'utilisation des objets flottants a donné le jour à des changements importants dans la pêche. La zone totale d'exploration s'est

considérablement étendue vers l'ouest, en raison du fait que les bateaux suivent la dérive des objets causée par les courants équatoriaux, qui les rapprochent de la côte américaine.

-- Efficacité accrue des opérations

Les dimensions du filet (longueur et profondeur) ont progressivement augmenté, aussi bien pour les nouveaux bateaux que pour les anciens. Pendant les années 1980, la longueur du filet était de 1400 m environ avec une profondeur de 200 m (ce qui donnait une profondeur effective de pêche d'environ 70 m) ; par la suite, au début des années 1990, la taille du filet a légèrement augmenté jusqu'à 1600 m de longueur et 240 m de profondeur. Au milieu des années 1990, les filets atteignaient 2000 m de longueur et 300 m de profondeur pour les plus grands senneurs (correspondant à une profondeur effective de pêche d'environ 150 m). Les dimensions accrues du filet peuvent avoir une incidence sur la taille de la prise par opération (en réduisant le taux d'échappement), et permettent d'accéder aux éléments du stock se trouvant plus en profondeur. Dans le cas de la pêche tropicale, l'accroissement de la profondeur des sennes pourrait être l'une des causes de l'accroissement des prises de thon obèse (espèce qui habite des eaux plus profondes que les deux autres espèces de thonidés tropicaux).

Le système espagnol de manipulation et de fermeture du filet s'est étendu à la flottille française vers le milieu des années 1980. Dans les deux flottilles, la méthode a été encore améliorée par l'utilisation de treuils et de câbles plus résistants pour manipuler le filet et le remonter à bord. Des changements importants ont été réalisés en ce qui concerne la puissance de hâlage des treuils des sennes et le power block afin de diminuer le temps passé à hâler le filet. Ces innovations ont considérablement réduit la durée des opérations et ont permis de mouiller le filet par mauvais temps et sur un plus grand nombre de strates spatio-temporelles.

-- Age des bateaux

La puissance de pêche d'un bateau individuel peut baisser au fil du temps pour plusieurs raisons. Par exemple, la puissance de pêche peut diminuer du fait de l'interaction bateaux-équipages (par exemple, les meilleurs capitaines et équipages iront sur les nouveaux bateaux, alors que les patrons et équipages les moins compétents iront sur les bateaux les plus anciens), ou parce que les vieux bateaux ne sont pas aussi rapides que les nouveaux, ou parce qu'il faut plus de temps pour l'entretien du bateau. La vitesse peut être un facteur clef au cours de certains moments cruciaux des opérations de pêche. Les bateaux rapides ont deux avantages par rapport aux plus lents : a) un taux de couverture plus élevé de la zone de prospection qui peut augmenter le taux de rencontre avec les bancs, et b) la capacité de trouver un banc plus tôt que les bateaux concurrents, ou de mouiller plus rapidement le filet sur le banc.

Expérience du capitaine et de l'équipage

L'expérience du capitaine et de l'équipage est un facteur essentiel de l'efficacité de pêche de toute flottille. Si on prend en compte les caractéristiques de la pêche thonière tropicale de surface, il est probable que l'équipage et, en particulier, l'habileté du capitaine aient une incidence marquée sur l'efficacité de la pêche à la senne. Néanmoins, l'incidence de l'équipage est difficile à intégrer de manière explicite à une analyse de la standardisation du taux de capture (en partie en raison du défaut de données appropriées), mais elle pourrait être incorporée de façon implicite avec d'autres incidences du bateau. Même si les données adéquates étaient disponibles, leur nature confidentielle ainsi que, dans certains cas, des obstacles légaux font qu'il est difficile de les exploiter.

Incidences du marché

Les forces du marché ont une incidence sur les comportements des pêcheurs et influencent la composition de la prise de thonidés tropicaux. L'exemple le plus significatif est le prix des thonidés, qui connaît des fluctuations au cours d'une saison de pêche, et qui est très différent pour différentes tailles et espèces de poisson. Les pêcheurs essaient de manière générale de maximiser les revenus et les profits. En conséquence, la décision de poursuivre le poisson et ensuite de mouiller le filet peut être mise en rapport avec la valeur

estimée de la catégorie commerciale de taille du poisson et avec la taille estimée du banc. Les pêcheurs français ont tendance à cibler les albacores de grande taille en raison de leur valeur relativement élevée. Cependant, quand la différence de prix entre les catégories du marché s'amenuise, ils visent aussi bien d'autres espèces et tailles (par exemple, le listao). Les incidences du marché compliquent l'interprétation des données des carnets de pêche recueillies des pêcheurs. En fonction des variations de prix, il peut se produire des changements annuels quant à la catégorie commerciale de taille ciblée.

Stratégie de pêche

Un facteur important de l'efficacité de toute flottille thonière est le degré de coopération ou de concurrence entre les unités de pêche. La collaboration est développée à l'intérieur de sous-groupes de bateaux formés entre patrons qui s'entendent bien (groupes de codes). Cette coopération est principalement (mais non exclusivement) développée au sein de chaque pavillon. Cette communication active à l'intérieur de groupes de bateaux explique pourquoi toute grande concentration de thonidés localisée par un senneur individuel sera rapidement exploitée (en général jusqu'à épuisement complet) par un groupe de senneurs qui coopèrent. Dans une telle situation, on devrait inclure dans l'effort de pêche le fait de se diriger vers la concentration (y compris la nuit). Malheureusement, cet élément est très difficile, voir impossible, à incorporer, parce que ce paramètre n'est jamais enregistré dans les carnets de pêche et varie probablement beaucoup au fil du temps. Cependant, il est très clair que des changements en matière d'unités de coopération pourraient introduire des biais importants durant une longue période dans l'interprétation de toute relation CPUE-biomasse.

Par ailleurs, au cours des 15 dernières années, il y a eu une augmentation importante de la pratique des mouillages sur guyots.

Effets de concentration

En raison des effets de concentration, on ne peut interpréter une valeur de CPUE que comme une fonction de l'effort de pêche total et des prises totales dans chaque strate. En général, on peut supposer que si dans une strate, la biomasse des thonidés est élevée, alors les prises le seront également, et la CPUE devrait généralement être élevée ; au contraire, de faibles prises dans une strate quelconque révèlent probablement une biomasse locale faible (en moyenne). Cependant, des observations réalisées dans l'océan Atlantique ont montré un défaut apparent de relation entre l'abondance et la CPUE locales. Il semble que les CPUE les plus élevées sont souvent associées aux prises les plus basses, tandis que les strates avec les prises totales les plus grandes (les strates les plus riches) présentent souvent une CPUE modérée. Ceci est illustré à la **Figure 2**, qui présente un mode typique d'exploitation pour une concentration de grands albacores pêchés durant un seul mois. Le déclin rapide des prises et des taux de capture quotidiens, ainsi que la taille réduite de la zone exploitée peuvent être considérés comme étant caractéristiques de l'effet de concentration. Dans l'exemple donné à la **Figure 2**, la concentration était exploitée par 15 senneurs au maximum et produisait plus de 10.000 TM. Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces observations:

- Ce n'est que dans des zones où il y a une biomasse importante de thonidés qu'est exercé un effort de pêche très élevé. Le taux d'exploitation élevé produit un dépeuplement local de la biomasse locale, qui est exacerbé par la concurrence entre senneurs. Dans un cas semblable, la biomasse locale élevée conduit à une CPUE locale moyenne ou basse.
- Un effort de pêche faible, exercé dans une strate donnée ayant une biomasse modérée, par un petit nombre de bateaux coopérant mène souvent à une CPUE élevée (même quand la biomasse totale locale était modérée).

Incidences environnementales

Parmi les facteurs environnementaux qui peuvent modifier la vulnérabilité des bancs de surface de thonidés, la profondeur de la thermocline est l'un des plus importants. Ce facteur affecte directement le taux de productivité des opérations. Un autre facteur environnemental important est la vitesse et la direction des courants

de subsurface. Plusieurs dispositifs électroniques qui permettent de mesurer en temps réel la profondeur de la thermocline et les courants de subsurface avant chaque opération, ont été progressivement introduits dans la pêche à la senne. La connaissance de ces paramètres avant de décider ou non de mouiller et durant l'opération réduit la probabilité d'opérations non productives. Parallèlement, les pêcheurs ont amélioré leur connaissance des courants de surface et, en conséquent, sont capables d'évaluer la vitesse et la direction de dérive des objets flottants artificiels. Par exemple, on peut suivre les objets flottants mis à l'eau dans le Golfe de Guinée le long des zones équatoriales jusqu'à la partie ouest de l'Atlantique.

Récapitulatif

Il apparaît que plusieurs améliorations ont été réalisées dans les opérations de pêche afin d'accroître la productivité de la pêche des senneurs qui opèrent dans l'Océan Atlantique est. Ces améliorations affectent directement la puissance de pêche des bateaux et sont liées à un accroissement des taux de rencontre avec des bancs ou des concentrations (dû à une augmentation de l'étendue et de la profondeur de la zone balayé par unité de temps de prospection), et à une diminution de la durée des opérations (pour les opérations productives aussi bien que pour celles qui ne le sont pas). Parallèlement, il est probable que la capturabilité (c'est à dire, le lien entre l'effort nominal et l'effort effectif) ait été affectée par une variation de la vulnérabilité des bancs de thonidés et par des modifications du comportement des pêcheurs. Au contraire, pour la puissance de pêche, il est probable que ces deux caractéristiques fluctuent sans suivre de tendance au cours des années. L'analyse de la capacité de la CPUE à refléter l'abondance et l'analyse des éventuels changements de capturabilité requièrent l'association des données traditionnelles sur les CPUE pour différentes espèces à des jeux auxiliaires de données, tels que les facteurs environnementaux (par exemple, profondeur de la thermocline et zones écologiques), les modes de pêche (c'est à dire les stratégies de pêche), les prix de marché des catégories commerciales, et d'autres facteurs pertinents.

Un récapitulatif du moment où ont lieu, ou bien où évoluent, les variables qui affectent la productivité de la pêche figure au **Tableau 1**. L'algorithme utilisé pour estimer le temps de manœuvre en tant qu'unité d'effort est donné au **Tableau 2**.

5.2 Acquisition de données supplémentaires

On devrait essayer d'obtenir directement quelques informations supplémentaires des carnets de pêche. Ces informations pourraient comprendre l'heure à laquelle commence l'opération et celle à laquelle elle finit (afin d'estimer le temps de prospection qui précède une opération donnée), ainsi qu'une information détaillée sur les caractères des objets flottants naturels ou artificiels (c'est à dire, s'ils sont équipés de radiophares, du système Argos, etc.).

Les changements des prix de marché des différentes catégories commerciales de thonidés sont probablement l'une des principales causes des modifications du comportement des pêcheurs. Ainsi, la décision de poursuivre le poisson, et ensuite de mouiller le filet, peut être mise en relation avec les catégories commerciales de taille estimées des poissons. Les bases de données commerciales sur les prix par taille établies pendant le Symposium Thon ICCAT sont déjà disponibles. Cette information devrait être compilée par le Secrétariat ICCAT afin d'être utilisée comme variables explicatives pendant les réunions du GT d'évaluation du SCRS.

La relation entre la CPUE et l'abondance des thonidés pourrait être altérée par l'existence d'une distribution non-aléatoire des bancs de thonidés dans l'espace et dans le temps. Dans ce cas, les estimations du temps de prospection devraient prendre en compte le temps passé à se déplacer entre les concentrations (y compris le temps de déplacement la nuit) et le temps pris pour les localiser. Etant donné le défaut d'information précise de ce type dans les carnets de pêche, on devrait avoir recours à des programmes d'observateurs à bord pour obtenir ce niveau de détails. Il pourrait être possible d'utiliser les données d'observateurs pour estimer, pour les bateaux n'ayant pas d'observateurs, le temps dédié aux différentes activités. De la même façon, les estimations paramétriques de la durée des opérations (pour les opérations fructueuses comme pour celles qui ne le sont pas) pourraient être actualisées avec les observations effectuées pendant les programmes d'observateurs.

Malgré la difficulté d'obtenir une information détaillée sur la date d'introduction d'équipements de pêche par les bateaux dans les sociétés propriétaires, on devrait encourager des prospections pour obtenir des données sur ces améliorations (lors des programmes d'observateurs aussi bien que sur une base périodique).

6. Traitement et analyse expérimentale des données (Rapporteurs : H. Naozumi, N. Miyabe, P. Mace)

Le GT a défini les variables suivantes comme potentiellement utiles, et devant être considérées dans les analyses de la CPUE et dans les mesures potentielles de l'effort de pêche destinées à ces analyses :

Variables potentiellement utiles à considérer dans les analyses de la CPUE

- Variables temporelles et spatiales : année, saison (mois, trimestre, etc.) ; zone (location) de capture ; nombre de carrés de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ exploités par la pêcherie par quinzaine.
- Taux de capture : prise (nombre et/ou poids) par espèce et par taille ; capturabilité d'autres espèces ; variabilité du taux de capture ; variabilité du taux de capture entre bateaux (puissance de pêche différentielle) ; variabilité du taux de capture de bateaux individuels pendant une courte durée dans un secteur donné (effet local de diminution) ; variabilité du taux de capture dans le temps (identifier la variable normale) ; temps écoulé entre opérations avec taux de capture élevé ; fréquence des opérations nulles ; fréquence globale des opérations (opérations/jour).
- Variables de la pêcherie : nombre de bateaux actifs ; époque à laquelle la flottille a adopté de nouvelles technologies telles qu'un radar à oiseaux de pointe (cette variable permet de définir le potentiel évolutif de la CPUE indépendamment de l'importance du stock ; il peut s'avérer nécessaire de scinder l'indice).
- Information sur les bateaux individuels : ancienneté du bateau dans une catégorie donnée (les dimensions du bateau étant associées à sa vitesse de déplacement).

Mesures potentielles de l'effort

- Nombre total d'opérations.
- Nombre d'opérations productives.
- Nombre d'opérations nulles.
- Jours ou heures passés en mer.
- Jours ou heures de pêche.
- Temps de prospections en heures.
- Nombre de bateaux ayant pêché
- Degré d'efficacité des bateaux, individuellement, ou de leur catégorie.

Variables dépendant du potentiel

Les variables suivantes ont été définies comme candidats potentiels en tant que variables dépendantes dans les analyses de la CPUE :

- Capture par heure de pêche (lorsque les heures de pêche comprennent temps de manoeuvre + temps de prospection).
- Capture par heure de prospection**.
- Nombre total d'opérations par heure de prospection.
- Nombre d'opérations sur bancs libres par heure de prospection (en décomptant le temps passé à des opérations sur banc associé à un objet flottant et à des opérations nulles).
- Capture par opération productive (en tant qu'indice de l'importance du stock)**.

Le GT a conclu qu'il pourrait s'avérer utile d'estimer deux indices : un indice de la fréquence des rencontres avec des bancs, et un indice de l'importance de ces derniers. On a ainsi retenu les variables dépendantes *nombre d'opérations sur banc libre par heure de prospection* et *capture par opération productive*. La *capture par heure*

de prospection constitue une combinaison de ces deux variables. Les variables retenues sont indiquées dans la liste ci-dessus par **. Le GT s'est également prononcé sur un certain nombre d'autres détails concernant le traitement des données. Les variables dépendantes doivent comprendre la prise totale par espèce et par taille, et le total des opérations par type d'opération. Etant donné que la plupart des opérations sur banc associé à un objet flottant sont productives, le GT a jugé qu'il serait raisonnable d'assimiler le total des opérations sur banc libre à la somme des opérations productives sur banc libre et des opérations nulles. Pour indexer les grands albacores, il a été convenu qu'il vaudrait mieux restreindre l'analyse aux bancs libres. Une résolution par carré de 5°x5° a été jugée appropriée dans l'espace, et par mois dans le temps ; la catégorie et la nationalité des bateaux ont été retenus pour les identifier. Il a été suggéré qu'il pourrait s'avérer utile de mener une série d'analyses secondaires, dont une avec des données limitées aux principales zones et époques de pêche.

Méthodes analytiques

Dans le contexte des débats sur les méthodes potentielles d'analyse, le D^r G. Waters, de l'IATTC, a fait un exposé sur la méthode de l'arbre de régression (Doc. de référence N° 1). Cette méthode offre une alternative pour l'étude des séries temporelles de données de CPUE, et présente deux avantages potentiels par rapport à d'autres approches. Tout d'abord, elle tient compte des interactions entre les variables de prédiction, et ensuite, elle peut comporter moins de paramètres que des modèles de même ordre GLM ou GAM. Un exemple basé sur les données de CPUE de la pêche palangrière japonaise de thon obèse a servi à illustrer le processus.

Il a été décidé qu'il fallait élaborer des arbres de régression préliminaires pour les pêcheries tropicales de senneurs de l'Atlantique, qui seront utiles pour cerner les facteurs qui affectent la CPUE. Il a également été décidé d'explorer le GLM et le GAM. Ces deux modèles ont été utilisés par le passé, et les participants les connaissent donc bien. Le GT a ensuite abordé la question des priorités pour les analyses, telles que l'espèce, la catégorie de taille du poisson et le type d'opération. Il a été convenu qu'il fallait étudier l'albacore comme le listao, mais en accordant la priorité aux opérations sur banc libre dans le cas de l'albacore puisque l'effort de pêche peut être défini de façon plus précise. Le GT a décidé que les récapitulatifs des données de base constituaient une condition essentielle pour une analyse détaillée.

Les **Tableaux 3-7** récapitulent les données sélectionnées. La base comprend une information sur une moyenne annuelle de 75 bateaux français, espagnols et autres de 1981 à 1996 (**Tableau 3**). Le jeu de données comprenait environ 160.000 observations sur la capture et l'effort de bateaux individuels par carrés de 1°x1°, par quinzaine et par an, avec environ 90.000 observations de bateaux espagnols, 50.000 de français et 20.000 d'autres pêcheries (**Tableau 4**). Le nombre d'observations par catégorie de taille du bateau et par mois est indiqué aux **Tableaux 5-6**. Dans la plupart des cas, les bateaux n'avaient effectué aucune opération par combinaison 1°x1°/quinzaine, et plus de 80 % des observations signalaient des opérations 0-2 (**Tableau 7**).

7. Analyse des données de prise et effort

Les méthodes d'analyse élaborées étaient les arbres de régression, les modèles linéaires généralisés (GLM) et les modèles additifs généralisés (GAM). Les GAM représentent une alternative aux GLM ; ils ne postulent pas de rapport linéaire entre les variables de réaction et de prédiction. Les arbres de régression ont été appliqués aux données de capture et de CPUE pour illustrer quelles sont les variables explicatives qui peuvent s'avérer importantes. Le Doc. de référence N° 1 montre un exemple d'arbre de régression.

Arbres de régression

Les données retenues pour l'analyse ont été caractérisées par année (1991-1996), toutes zones, flottille (française et espagnole), prise (albacores par catégories de tailles 0-10 et > 10 kg), mois, carrés de 5°x5° et effort (heures de pêche = temps de prospection + temps de manoeuvre).

L'arbre de régression 1 modélise la capture de YFT selon neuf variables : 4 variables catégoriques, soit taille de l'albacore, type d'opération (banc libre ou objet flottant), catégorie du bateau, pêcherie ; et 5 variables

continues, soit latitude, longitude, année, mois et effort (jours de pêche). L'arbre développé comportait 104 noeuds. Les résultats de la contre-validation montraient que 10 noeuds seraient appropriés pour expliquer la capture ; ainsi, un arbre élagué (**Figure 3**) a été élaboré. Les branches de l'arbre sont représentées à des intervalles égaux et n'illustrent pas la distance réelle entre les noeuds. Comme l'indique la **Figure 3**, la variable qui est la plus importante pour expliquer la capture est la taille de l'albacore. Le nombre indiqué au noeud terminal est la prise moyenne d'albacore. Par exemple, si la taille de l'albacore est 0-10 kg, la prise moyenne au noeud terminal est 168 kg (100×1.68). Le côté droit de l'arbre montre les noeuds qui correspondent aux albacores de plus de 10 kg. Les variables significatives comprennent l'effort, la catégorie du bateau et le type d'opération.

La **Figure 4** montre l'arbre de régression de la CPUE. Comme pour la capture, la CPUE a été scindée au départ selon la taille des albacores. Pour les albacores de moins de 10 kg, les variables les plus importantes sont le type d'opération, la longitude et la catégorie du bateau.

Graphiques de dispersion

A titre de préparation des analyses du jeu de données, le GT a examiné les graphiques de distribution de nombre des variables considérées comme entrées des modèles d'analyse. Chaque variable a été portée sur graphique avec toutes les autres, de façon à pouvoir évaluer visuellement leur degré de corrélation (**Figure 5**). Peu de variables semblaient être en rapport avec la capture.

GAM

Des GAM ont été exécutés sur les données de l'albacore, regroupées selon différents critères spatiaux et temporels.

Les données ont été caractérisées par année (1981-1996), flottille (française, espagnole et autres), capture (albacores de plus de 10 kg) et effort (heures de prospection) regroupés par bateau, quinzaine et carrés de $1^\circ \times 1^\circ$. La zone étudiée allait de 5°S à 5°N , et de 20°W à 5°E , et quatre zones plus amples ont été ajoutées (NE Equateur, PICCOLO, NW PICCOLO, Et S Equateur (voir la **Figure 6**). Un GAM a été ajusté à la prise d'albacore en tant que variable dépendante. L'une des variables était catégorique (la zone). Les variables continues étaient l'année, la quinzaine, les heures de prospection, la prises d'autres bateaux dans la strate (CATYF1), la pêcherie, la catégorie du bateau et une distribution conjointe longitude-latitude. La pêcherie et la catégorie du bateau ont été postulées comme des variables continues, mais devraient être considérées comme des variables catégoriques dans les analyses ultérieures. On a utilisé une distribution de Poisson et un lissage de Loess. Les résultats du GAM sont données à la **Figure 7**. La gamme relative de l'ordonnée est en rapport avec l'importance de chaque variable. La variable année doit être considérée comme la CPUE standardisée aux autres variables. Les résultats sont jugés préliminaires, car aucune analyse des valeurs résiduelles n'a été effectuée, et il faudrait considérer des variables explicatives additionnelles.

Analyse des opérations sur banc libre par heure de prospection

En tant que substitut de la fréquence des bancs de grands albacores, on a examiné le nombre d'opérations sur banc libre par heure de prospection au fil des ans (en supposant que toutes les opérations avaient été menées sur banc libre pendant la période 1981-1990). On a formulé comme postulat de départ que tous les bateaux recherchaient activement des bancs libres pendant leur temps de prospection (heures de pêche - temps de manoeuvre), même s'ils se rendaient vers un objet flottant artificiel. Toutefois, les analyses préliminaires ont montré des changements remarquables du taux nominal d'opération (opérations sous bancs libres/heures de prospection) entre la période 1981-1990 (0.1029, std dev = 0.602) et la période 1991-1996 (0.0278, std dev = 0.091), ainsi que les estimations de paramètres qui semblent baisser de façon considérable à partir de 1991. Ces résultats suggèrent que les bateaux auraient eu une moindre probabilité de détecter les bancs (ou de choisir d'effectuer des opérations sur banc libre) pendant la dernière période, et qu'il faudrait donc étudier séparément les deux périodes.

Les résultats de l'analyse des opérations sur banc libre par la méthode GENMOD en SAS (en postulant une distribution de l'erreur de Poisson généralement dispersée, et en utilisant une fonction de liaison avec compensation des heures de prospection des objets flottants) sont donnés au **Tableau 8**. Pour les années 1981-1990, les facteurs significatifs indiqués sont l'année, la pêcherie, le trimestre, la catégorie du bateau et la zone. Pour 1991-1996, la pêcherie n'est plus un facteur déterminant.

Analyse des grands albacores capturés par opération productive sur banc libre

On a utilisé la méthode SAS GENMOD pour modéliser la biomasse des grands albacores capturés par les senneurs sur banc libre. Les variables du modèle comprenaient l'année (1981 à 1996), la quinzaine, la pêcherie (France et Espagne), la catégorie du bateau (5.6 et 7 ; 7 étant redésigné 1), la zone de capture (NE Equateur, S Equateur et PICCOLO ; PICCOLO a été redésigné X PICCOLO), et la prise de grands albacores par d'autres bateaux dans le même carré $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Une liaison logarithmique et une distribution de Poisson ont été appliquées.

Les variables du modèle étaient toutes significatives (**Tableau 9**). Toutefois, le mode des valeurs résiduelles était étrange, et la corrélation négative entre les dimensions du bateau (catégorie du bateau) et la prise moyenne d'albacore par opération était inattendue.

Analyse par GLM de la prise par heure de prospection

Comme dans le cas des autres analyses par GLM, les données ont été restreintes à l'albacore de grande taille et aux opérations sur bancs libres ; une distribution de Poisson a été postulée en ce qui concerne la structure de l'erreur. Au départ, seuls les principaux facteurs ont été incorporés pour vérifier leur portée. Ces facteurs étaient l'année, le mois, la latitude et la longitude par carré de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$, la zone albacore (sauf NW PICCOLO), la catégorie du bateau, et la prise totale de grands albacores dans une même strate $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. L'ajustement a permis d'observer qu'environ 2.700 observations comportaient un temps 0 de prospection ; elles ont été exclues des analyses. Tous les principaux facteurs étaient significatifs, si bien qu'ils ont été retenus dans le modèle. Le dernier modèle analysé comprenait tous les principaux facteurs, ainsi qu'une interaction mois/zone. Le facteur qui avait la plus forte incidence était la prise totale de grands albacores effectuée dans un même carré $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, suivie de la catégorie du bateau, l'année et le mois. En général, les paramètres estimés concordaient avec les connaissances actuelles, et ce qui est plus surprenant, la CPUE estimée était tout à fait semblable à la CPUE nominale, mais montrait moins de variation annuelle (**Figure 8**).

8. Recommandations concernant la recherche et l'analyse et le traitement des données

Le GT a formulé plusieurs recommandations visant à : a) améliorer la qualité des bases actuelles de données, ainsi que la quantité et la qualité des données fournies par la pêcherie ; b) réaliser d'autres analyses en utilisant d'autres modèles ; et c) mener des recherches supplémentaires.

Amélioration des données et obtention d'autres données sur la pêcherie

1. Les données sur les senneurs tropicaux de l'Atlantique demandent un suivi et une documentation accrue avant de pouvoir effectuer des analyses à l'avenir. Il faut notamment examiner les anomalies suivantes des bases et les corriger ou attribuer le pavillon correspondant :
 - registres comportant des données de capture et un chiffre nul d'opérations,
 - registres de bateau comportant trop d'effort, et un trop grand nombre d'opérations par quinzaine,
 - codes de bateau comportant plusieurs catégories de bateau, et
 - registres comportant un nombre peu réaliste d'heures de pêche.
2. Le GT a jugé important de recueillir des données plus exhaustives sur le temps consacré à la prospection et aux manoeuvres, sur la durée des opérations et sur les rejets. Avec une approche semblable à celle

qui a servi pour une flottille américaine pêchant dans le Pacifique Ouest, les carnets de pêche des senneurs atlantiques pourraient comporter une ou plusieurs colonnes pour enregistrer les quantités de chaque espèce rejetée. Les données des observateurs serviraient alors à calibrer les registres jugés erronés ou absents. Le GT a également recommandé d'étudier la faisabilité d'utiliser un dispositif automatique d'enregistrement des données pour suivre la position, la date et la durée des opérations pendant les sorties de pêche.

3. Des données additionnelles pourraient aussi être recueillies à un rythme annuel par des observateurs, ou au moyen d'enquêtes à quai à la fin de chaque sortie. Ceci permettrait de rassembler des informations sur les caractéristiques du bateau ou des engins, telles que la dimension des filets, l'équipement électronique utilisé et son champ d'action, ainsi que le nombre d'objets flottants utilisés en moyenne.
4. La couverture par observateurs des bateaux et des activités de pêche devra être assurée à un niveau et selon une fréquence permettant d'obtenir des données statistiquement valables sur les opérations suivies.

Modèles et analyses

1. Bien que les données par opération n'aient pas été incorporées à la base ICCAT à cause des inquiétudes formulées concernant le secret professionnel par les pêcheries concernées, un travail en collaboration sur ces données à l'occasion d'une petite réunion inter-sessions devrait être encouragé.
2. Une distribution Poisson de l'erreur a été postulée pour toutes les analyses par GLM présentées dans le présent rapport. Il faudrait mener d'autres analyses en utilisant une distribution différente de l'erreur ; il faudrait aussi considérer les interactions.
3. Le temps disponible n'a pas permis d'effectuer certaines des analyses décrites dans les grandes lignes au point 6. Il faudrait en particulier tenter d'effectuer des analyses sur : i) des données regroupées par carrés de 5°x5°, mois, catégorie de bateau et nation ; et ii) un jeu restreint de données ne comprenant que les strates spatio-temporelles les plus importantes.
4. Il peut s'avérer utile d'identifier les bateaux qui présentent les données de meilleure qualité, en vue d'une analyse plus poussée de facteurs tels que l'amélioration de l'équipement avec le temps et le type d'opérations avant 1991.
5. Rechercher les méthodes géostatistiques ou autres qui peuvent traiter les modèles spatiaux et temporels.
6. Obtenir plus d'informations sur le type d'opérations des senneurs pour la période antérieure à 1991.
7. Elaborer peut-être de meilleurs algorithmes qui tiennent compte du temps consacré aux opérations de nuit sur DCP et à la pêche de bancs libre en fin de journée. Ceci peut être fait au moyen des données d'observateurs.

Recherche supplémentaire

1. Mener des études de marquage pour obtenir des informations sur : i) la magnitude et la mortalité par pêche du stock ; et ii) le taux de concentration du poisson sous les objets flottants. Bien qu'onéreuses, les études de marquage ont été jugées prioritaires à cause de la qualité et de la fiabilité des résultats qu'elles donnent. Il a été noté que la recommandation ii) pourrait être intégrée dans un programme de réalisation de i), ou être menée à bien indépendamment.
2. Il faut étudier le comportement du poisson associé à un DCP, à partir de navires de recherche, en utilisant le marquage conventionnel, les marques à sonar et la prospection acoustique. Cette activité pourrait être incorporée à la recommandation i), ou être menée indépendamment. Le GT a noté que cette recommandation était davantage prioritaire pour le listao et le thon obèse que pour l'albacore.

3. Une prospection aérienne visant à déterminer le nombre d'objets flottants a été suggérée, mais ceci peut s'avérer coûteux et a donc été jugé moins prioritaire.

9. Adoption du rapport

Le projet de rapport a été présenté à la dernière session. Il a été adopté avec quelques modifications, sous réserve que les participants puissent examiner la version définitive avant sa dernière mise au point.

10. Clôture

Le président du GT, le Dr P. Mace, a remercié les participants et le Secrétariat de leur collaboration. Elle a également tenu à remercier le personnel du Laboratoire de Miami de son excellent appui logistique pendant la réunion. Les participants ont souligné l'excellente direction des débats par le Président.

Les débats ont été levés.

**INFORME DE LAS JORNADAS DE TRABAJO ICCAT
SOBRE INDICES DE ABUNDANCIA
DE LAS PESQUERÍAS DE SUPERFICIE DE TÚNIDOS TROPICALES**

Miami, Florida, EE.UU., 11-15 de mayo, 1998

1. Apertura de la reunión

De acuerdo con la decisión tomada por el SCRS en su reunión de 1997, las Jornadas de Trabajo ICCAT sobre índices de abundancia de las pesquerías de superficie de túnidos tropicales se celebraron en NMFS Southeast Fisheries Science Center, Miami, Florida, en respuesta a una invitación del Gobierno de Estados Unidos. La Dra. P. Mace, que presidía la reunión, y el Dr. B. Brown, Director del Centro, declararon abiertas las sesiones. El Dr. Brown dio la bienvenida a todos los participantes y les deseó éxito. El Secretario Ejecutivo Adjunto de ICCAT expresó su agradecimiento al Gobierno de Estados Unidos y al Southeast Fisheries Science Center por la invitación y apoyo logístico que hicieron posible esta reunión. La Dra. Mace, Coordinadora del Grupo de trabajo, dio la bienvenida a los participantes y examinó los objetivos de la reunión, que se resumen a continuación.

- Objetivo 1.* Discutir la interpretación de los datos de captura y esfuerzo de las pesquerías de superficie, en particular de las pesquerías de cerco, incluyendo factores que afectan a la CPUE y a la relación entre la CPUE local y la CPUE global del stock, y evaluar el impacto que el creciente empleo de objetos flotantes en estas pesquerías podría tener sobre la potencia pesquera. Se trataría el rabil, listado y patudo, en ese orden de prioridades.
- Objetivo 2.* Facilitar un foro para discutir la utilidad de los diferentes tipos de datos de captura y esfuerzo de las pesquerías de superficie de túnidos tropicales como indicadores de las tendencias en la abundancia de stock.
- Objetivo 3.* Sugerir métodos analíticos para estandarizar el esfuerzo pesquero y cuantificar los incrementos en la potencia pesquera de estas pesquerías.
- Objetivo 4.* Ensayar hipótesis acerca de la interpretación de los datos de captura y esfuerzo sobre un conjunto de datos amplio y detallado de las flotas de superficie (en particular, de los barcos franceses y españoles) que faenan en el Atlántico tropical oriental.
- Objetivo 5.* Determinar las necesidades de datos, y examinar las opciones de investigación y gestión que facilitarían la recolección de los datos esenciales.

Todos los participantes procedieron a su presentación. Estaban presentes el presidente del SCRS,

científicos de la Comisión Europea, Japón, Marruecos, Reino Unido (Bermuda), y Estados Unidos, así como observadores de CARICOM, IATTC, SPC y Taipei Chino. También estaba presente personal de la Secretaría de ICCAT. La Lista de participantes se adjunta en **Apéndice 2**.

2. Adopción del Orden del día y disposiciones para la reunión

La Coordinadora del Grupo de trabajo presentó el Orden del día provisional, circulado con anterioridad, y expuso un plan de trabajo basado en el Orden del día. El Orden del día fue adoptado y se adjunta en **Apéndice 1**. Se decidió la conveniencia de estudiar conjuntamente los puntos 5 y 7b del Orden del día, y que sería preferible tratar el punto 7 en dos o tres subgrupos aparte.

Asimismo, asignó los documentos presentados en esta sesión a varios puntos del Orden del día, donde serían examinados. Se presentaron cinco documentos originales y numerosos documentos de referencia (véase el **Apéndice 3**).

Se acordó que el informe de la reunión se basaría en los puntos del Orden del día. Se incluyen en el informe los nombres de los relatores asignados a cada punto, y las tareas generales de corrección fueron realizadas por la presidencia y el Secretario Ejecutivo Adjunto.

3. Descripción de las pesquerías de superficie de túnidos en el Atlántico tropical oriental (Relatora: Susan Singh-Renton)

El Grupo de trabajo examinó el documento SCRS/98/36 (presentado por la Dra. P. Pallarés) y el documento SCRS/98/38 (presentado por el Dr. A. Fonteneau), que ofrecían una descripción de las pesquerías y los datos disponibles de las pesquerías de cerco de Francia y España operativas en el Atlántico este. El Grupo observó que hasta los años 50, sólo existían en el océano Atlántico pesquerías artesanales dirigidas a las especies de túnidos tropicales. Históricamente, se ha empleado una gran variedad de artes, y las capturas se componían de numerosas especies de pequeños túnidos y túnidos tropicales. No obstante, desde los años 50 y 60, se desarrollaron tres métodos de pesca que conformaron importantes pesquerías: la de palangre, que inicialmente perseguía rabiles de gran talla en aguas superficiales, y que en la actualidad busca principalmente patudo adulto en aguas más profundas; la pesquería de cebo, que persigue las tres especies en zonas costeras, y las pesquerías de cerco que capturan principalmente listado y rabil, siendo el patudo de importancia secundaria. Las zonas en las que habitualmente faenan los cerqueros se muestran en la **Figura 1**. Las composiciones por especies y tallas de las capturas varían según el caladero.

Las capturas de los túnidos del Atlántico tropical se han incrementado rápidamente, desde una captura anual de 3.000 t en 1950 a una captura media anual superior a 400.000 t en los años 90. Este incremento, más notable en las dos últimas décadas, se debe principalmente tanto a una ampliación de los caladeros y un incremento en el tamaño de las flotas, como a un incremento en la potencia pesquera. El desarrollo de estas pesquerías ha sido más pronunciado en el Atlántico este que en el Atlántico oeste. Aunque las capturas de las tres especies se han incrementado marcadamente a lo largo del período de la pesquería, la especie más importante en la captura ha sido el rabil. En años más recientes, sin embargo, las capturas de listado han sobrepasado a las de rabil. Desde los años 60, la mayor parte de la captura ha sido obtenida por la pesquería de cerco. Ello se debe al hecho de que la flota de cerco se incrementó con rapidez desde comienzos de los años 60 hasta mediados de los 80, y sus tecnologías pesqueras experimentaron continuos avances a lo largo de los años, incluyendo la introducción del radar de pájaros en los años 80, mejoras en el diseño de los artes, introducción de elementos electrónicos para medir la profundidad de las termoclinas y corrientes subsuperficiales antes de efectuar el lance, el empleo de objetos flotantes artificiales¹ a partir de 1991, y el empleo de imágenes por satélite. La composición por especies y la composición por tallas de los cardúmenes de peces experimentaron cambios después de la introducción de dispositivos flotantes artificiales. En general, los cardúmenes bajo restos flotantes se componen de listado y juveniles de rabil y patudo, mientras que los bancos

¹ En este informe, las palabras "objeto" u "objetos" se refieren tanto a restos flotantes de origen natural como a dispositivos artificiales de congregación de peces (DCP).

libres se componen predominantemente de individuos de rabil de mayor tamaño. Las capturas de cebo mostraron sólo un ligero incremento a lo largo de los años, y la captura de palangre permaneció relativamente estable a partir de 1960 (SCRS/98/36). Se cree que en términos globales los descartes no son importantes, pero que por parte de ciertos componentes de la pesquería podrían serlo a nivel local.

Se observó que la totalidad del caladero explotado anualmente por cerqueros alcanzó un máximo de aproximadamente 550 cuadrículas de 1°x1° en 1978, tras lo cual disminuyó gradualmente a 425 cuadrículas de 1°x1° en 1986, incrementándose nuevamente después, y permaneció relativamente constante en torno a 450 cuadrículas de 1°x1° en los últimos años (SCRS/98/38). En comparación, hasta 1991, el número de cuadrículas de 1°x1° en las cuales realmente tenían lugar las capturas era notablemente inferior al número total de cuadrículas de 1°x1° explotadas cada año. Después de 1991, el número de cuadrículas de 1°x1° con capturas fue sólo ligeramente inferior al número de cuadrículas de 1°x1° explotadas anualmente. Aunque la totalidad de la zona de pesca de cerco ha seguido siendo relativamente igual desde 1979, las capturas se incrementaron en 1991, y se llevaron a cabo en una amplia zona de pesca que alcanzaba por el sur 2° de latitud Norte, y al oeste 30° de longitud oeste.

Datos disponibles

El Grupo de trabajo examinó la estructura de los ficheros de datos disponibles de cerco para el Atlántico este, que se describen en el Anexo 1 al documento SCRS/98/38. Se facilitaron los datos de captura y esfuerzo individuales de los barcos, agregados por períodos de medios meses y por cuadrículas de 1°x1°. Estos datos son considerablemente más detallados que los que contiene la base de datos de la Tarea II de ICCAT. Se registraron cinco medidas de esfuerzo pesquero, pero algunas no pudieron asignarse al tipo de cardumen capturado; es decir, a cardúmenes asociados a restos flotantes o bancos libre. Se discutió la interpretación de las diferentes medidas de esfuerzo, así como el empleo del tiempo de búsqueda del barco como medida válida de esfuerzo efectivo. El documento SCRS/98/36 aportó un examen de la estimación del tiempo de búsqueda del barco, basado en información procedente de programas de observadores.

Se estratificaron los datos de captura según el tipo de asociación del lance (objetos flotantes, bancos libres, desconocido) y fueron registrados separadamente para las especies principales. En el caso de rabil y el patudo, las capturas se desglosaron en dos categorías de tallas (≤ 10 kg y > 10 kg). Los patrones de barcos franceses estiman las capturas obtenidas en cada lance, y estas estimaciones son prorrateadas para ajustarse a los desembarques reales. En el caso de los barcos españoles, sólo se dispuso de los cuadernos de pesca. Adicionalmente, se corrigieron los datos respecto a composición por especies y tallas, basándose en los procedimientos descritos en el Informe del Grupo de Trabajo sobre Túnidos Tropicales en 1984 y en el SCRS/97/28. Los datos de los programas de observadores sugieren que los lances nulos son comunes en los cardúmenes libres, pero son relativamente raros en los cardúmenes bajo restos (aproximadamente el 22% y 3% respectivamente para los cerqueros franceses y españoles durante el período 1991-1995; SCRS/96/62). En un intento por redefinir y clasificar en los ficheros de datos los lances de asociaciones desconocidas, se emplean criterios tales como la composición por tallas y composición por especies de las capturas, dependiendo del área, para determinar la probabilidad de que el lance fuera ejecutado al objeto sobre un banco o sobre un banco libre.

El Grupo de trabajo reconoció que para mejorar la medida de esfuerzo efectivo, podría incluirse información sobre la dimensión del barco, la experiencia y nacionalidad de los patrones, la historia del barco (por ejemplo, cambios de capitán). No obstante, se observó que no habían factores en los ficheros de datos disponibles que explícitamente constituyeran un índice de cambios en la eficacia pesquera de los cerqueros considerados individualmente.

4. Métodos empleados por otras organizaciones regionales para evaluar stocks de túnidos explotados por pesquerías de superficie (Relator: Michel Bertignac)

Secretaría de la Comunidad del Pacífico Sur (SPC)

Como se describe en el documento SCRS/98/39, la SPC llevó a cabo dos experimentos de marcado a gran escala en el Pacífico central occidental. Estos experimentos ofrecieron información útil sobre movimientos de

los túnidos, principalmente listado y rabil, y estimaron parámetros de la población, tales como mortalidad natural y por pesca. Se halló que la tasa de explotación, si bien se incrementó entre los dos experimentos, permanece baja, en torno al 20% para cada especie. Se presentó la lista de datos de captura y esfuerzo de las flotas industriales más importantes. En SPC, las CPUE de listado expresadas en captura por día se incrementaron desde comienzos de los años 80 hasta los 90, ambos para caña-liña y cerco, debido probablemente a un incremento de la eficacia. Las CPUE de rabil de los cerqueros de Japón y Estados Unidos han fluctuado desde comienzos de los 80. Se identificaron algunas de las dificultades potenciales para estandarizar la CPUE. Durante la discusión subsiguiente, algunos participantes sugirieron que el coste de los experimentos de marcado (1 millón \$US) era relativamente "razonable" en comparación con el valor de la pesquería (800 millones \$US por año) y el beneficio de la información obtenida. Se dijo, sin embargo, que sería difícil implementar un experimento de ese tipo sobre una base regular. Dado que un experimento de marcado representa una "instantánea" de la pesquería, era necesario emplear otros métodos. Se suscitó la cuestión de si la implementación de las ZEE (Extended Economic Zones) en el Pacífico ha modificado la distribución espacial del esfuerzo, como ha ocurrido en el Atlántico. Actualmente, en el Atlántico, el 60% del esfuerzo se localiza fuera de las ZEE. Ese no es el caso en el Pacífico oeste, ya que el 80% del esfuerzo está aún localizado dentro de la ZEE de las comunidades insulares. Finalmente, se concluyó que aún debían tratarse varios temas complejos en cuanto concierne a la utilización de los datos de captura y esfuerzo como indicadores del estado del stock; por ejemplo, los problemas de estimación de incrementos en la potencia pesquera y la determinación exacta de la composición por especies y tallas. Actualmente, los datos de composición por captura y talla provienen principalmente de la flota de cerco de Estados Unidos. Los datos de aguas distantes han mejorado desde 1993 con la implementación de los programas de muestreo en puerto de SPC, pero la tasa de cobertura por observadores sigue siendo escasa.

Comisión Interamericana del Atún Tropical (IATTC)

La IATTC emplea GLM para estandarizar los datos de CPUE de las pesquerías de túnidos en el océano Pacífico este (consultar el Informe Anual 1995 de IATTC - 1997, para conocer una reseña de la metodología). Se han utilizado tanto los días de pesca como el tiempo de búsqueda como unidades de esfuerzo de la pesquería de cerco para rabil. Los datos de captura y esfuerzo provienen de los cuadernos de pesca. El GLM ajustado por IATTC contiene factores de área, tiempo y moda de pesca, y se ha hecho un considerable esfuerzo para estudiar en qué forma interactúan el área y el tiempo para afectar a la CPUE. Dado que las interacciones área-tiempo son un importante componente de las variaciones en la CPUE, la IATTC estima índices de abundancia para zonas pequeñas y después promedia estos índices de alta resolución para elaborar índices regionales. El proceso para obtener el promedio incluye la ponderación por área de esfuerzo y superficie del mar. Aún no se han incorporado a GLM variables que de forma explícita instituyan un índice de cambios tecnológicos. La IATTC emplea índices de abundancia estandarizados a partir de GLM como datos de entrada para modelización generalizada de producción y análisis de cohortes.

5. Factores que afectan a la CPUE y contribuyen al incremento de una potencia pesquera en las pesquerías de cerco de túnidos tropicales (Relatora: Jean Cramer)

El Dr. G. Sakagawa presentó el documento SCRS/98/35, que describe los análisis de los datos de cerco de Estados Unidos, del océano Pacífico central occidental. Entre 1981 y 1995, en torno al 80% de los lances se efectuaron sobre cardúmenes libres y el 20% sobre objetos a la deriva. Desde 1955, los lances sobre cardúmenes libres han disminuido, mientras que los lances sobre objetos a la deriva se han incrementado. En 1997, los objetos a la deriva fueron el tipo de lance dominante. Considerando que el 94% de los lances sobre objetos a la deriva se traducen en capturas, mientras que sólo el 50% de los lances sobre cardúmenes libres resultan en capturas, y dado que la captura por operación productiva es virtualmente la misma para los dos tipos de lance, 40 t por lance positivo, la CPUE ha incrementado debido a una mayor eficacia de la flota, independientemente de los cambios en la abundancia de stock. Se llegó a la conclusión de que hay una gran dificultad para interpretar las variaciones en la CPUE y relacionarlas con las variaciones en la abundancia del stock, incluso aunque se recoja mayor información.

El Dr. H. Okamoto presentó el documento SCRS/98/37, que identificaba algunos factores que afectan potencialmente a las tasas de captura de los cerqueros japoneses en los océanos Índico y Pacífico. En el océano

Pacífico, la mitad de las operaciones se efectúan al objeto flotante, mientras que en el océano Indico, esta proporción es del 95%. La distancia entre lances sucesivos sobre restos flotantes y tiempo de búsqueda se incrementó en el Pacífico, lo que sugiere un posible descenso en la abundancia de peces. Dado que no se dispone de datos sobre el empleo de los DCP (no hay registros en los cuadernos de pesca), Japan Marine Resources Research Center (JAMARC) presentó datos de pesca con cerco experimental. Se describen los tipos de DCP empleados en los océanos Indico y Pacífico. Los cerqueros japoneses utilizan radio-balizas para localizar sus DCP. El informe del estudio de JAMARC sugería que en el océano Indico tiene lugar la pesca con un DCP específico a intervalos de 30 a 60 días. Las mareas de los barcos comerciales de Japón en este océano generalmente duran entre unos 30 y 45 días. Por tanto, es posible que los intervalos comunicados por los barcos de JAMARC, comprometidos únicamente en la pesca experimental, podrían no reflejar la situación real de los barcos comerciales. Los barcos comerciales japoneses en general sueltan al mar unos 20 a 30 DCP por viaje/barco.

En el Pacífico oeste, los barcos industriales y artesanales emplean DCP anclados. En el océano Indico, la captura bajo restos naturales y artificiales ha sido la moda de pesca dominante de las pesquerías internacionales de cerco (principalmente, barcos franceses y españoles) desde 1985, lo que representa una media de un 58% de lances durante el período 1985–95 (datos del Programa FAO/IPTP). La composición por especies de los cardúmenes asociados a DCP es muy similar a la que se observa en otros océanos, incluyendo el Atlántico. En el curso de su reunión final en 1995, el anterior IPTP concluyó que la creciente potencia pesquera de los cerqueros era un problema crítico con respecto a la estimación de las tendencias en la abundancia (Informe IPTP, 1996).

La Dra. J. Cramer describió los análisis preliminares que había llevado a cabo para rabil en la reunión del SCRS en 1997. Los GLM que incorporan año, área, trimestre y capturas con lances al objeto por hora de tiempo de pesca como variables independientes, así como las capturas de cardúmenes libres por hora de tiempo de pesca como variables dependientes mostró que había un importante efecto anual para el rabil pequeño (< 10 kg) y mediano (10–30 kg), pero no para los grandes rabiles (> 30 kg). La variable independiente, captura al objeto flotante por hora de tiempo de pesca, fue significativa y positiva para rabil pequeño, no significativa para el rabil medio y significativa y negativa para rabil grande. Estos GLM preliminares explicaban el 47%, 28% y 38% de las variaciones para rabil pequeño, mediano y grande, respectivamente. Otros ensayos tenían en cuenta el esfuerzo de los lances al objeto, empleando el número de lances o tiempo empleado en la pesca, en vez de una captura al objeto. Tales modelos acreditaron una menor variabilidad que los modelos que empleaban la captura de cardúmenes asociados a restos flotantes por hora de pesca.

El Grupo de trabajo discutió varios aspectos de las actuales estrategias de pesca adoptadas por la flota de cerco en el Atlántico este: el número de dispositivos de agregación portados y desplegados por los barcos, el tiempo transcurrido entre el despliegue del dispositivo y su empleo, su recogida y nuevo empleo, y la densidad de los dispositivos en una unidad de área de pesca. No se disponía de detalles precisos de las estrategias de pesca practicadas, pero el Grupo debatió las opciones probables. Desde 1991, los barcos han venido transportando dispositivos de agregación, como han confirmado los datos de observadores. El tiempo transcurrido entre el despliegue del dispositivo y la captura bajo el mismo probablemente varía, pero en general es inferior a una semana. A continuación del despliegue, los dispositivos se dejan en el mar y se les hace un seguimiento durante un período de 2 a 3 meses. En una cuadrícula de 1°x1°, la densidad podría ser tanto como de 15 o 20 unidades.

A continuación, el Grupo de trabajo procedió a identificar los factores que afectan a la CPUE en las pesquerías de superficie del Atlántico tropical, en particular aquellos que podrían haber experimentado cambios en años recientes, y que podrían haber llevado a incrementar la potencia pesquera. Las siguientes listas son el resultado de una sesión intensa, e incluyen información presentada en los documentos SCRS/98/36 y SCRS/98/38.

Factores que podrían afectar a la potencia pesquera de un barco

- dimensión del barco
- edad del barco o años en la pesquería
- electrónica (por ejemplo, correntímetros : radar, sondeadores acústicos, sonares, equipos de

- comunicación, radio-balizas sobre objetos flotantes).
- acceso a datos de boyas ARGOS y otra tecnología vía satélite.
- artes de pesca (tamaño de la red, profundidad de la red, velocidad de cierre de la red)
- empleo de aviones o helicópteros de exploración
- empleo de barcos auxiliares
- experiencia del patrón y de la tripulación
- reabanderamiento (que podría traducirse en cambios en el acceso a los caladeros, cambios en materia de cumplimiento de las regulaciones de las organizaciones de las pesquerías regionales y cambios en la tripulación)
- comunicación con otros barcos
- estrategia pesquera (podría estar asociada al origen nacional del barco, podría estar afectada por el precio comparativo de mercado para diferentes tallas o especies de peces)
- moda de pesca (captura sobre cardúmenes libres o al objeto flotante)

Factores que podrían afectar a la capturabilidad de las especies-objetivo

- tamaño del stock
- variables oceanográficas y estacionales (temperatura del agua, afloramientos, especialmente cuando vienen seguidos de temperaturas cálidas de las aguas; profundidad de la termoclina, en particular, corrientes subsuperficiales; proximidad de zonas de convergencia)
- distribución de los peces y del esfuerzo pesquero (tamaño y densidad del cardumen)
- comportamiento de los peces juveniles
- DCP (en algunas zonas, no había peces disponibles antes de los DCP; ahora los peces podrían estar abandonando los bancos libres para congregarse bajo los DCP)
- contracción del rango de las especies (efecto "shrinking basin", contracción de la cuenca)
- zona pescada
- *efecto mancha* (concentraciones de biomasa)
- competencia entre barcos
- agotamiento local

Se debatió la necesidad de conocer los "factores locales" y los "factores *mancha*". Los efectos locales se refieren a la situación donde los barcos podrían temporalmente agotar los peces en las áreas pequeñas, lo que se traduciría en declives en la CPUE local, pero estos declives podrían no ser indicativos de la abundancia del stock en su conjunto. Los *efectos mancha* son situaciones donde pequeñas concentraciones locales de peces crean tasas de captura muy altas durante períodos de tiempo cortos, atrayendo frecuentemente a varios barcos que compiten por una biomasa limitada, hasta que la biomasa desciende por debajo de un determinado umbral.

Se creó un pequeño grupo para aportar descripciones detalladas de los factores más importantes, incluyendo descripciones de cómo podrían haber variado sus efectos sobre el éxito de la pesca a lo largo del tiempo, la identificación de las variables que con mayor probabilidad tuvieron más influencia, y una explicación de las posibilidades para obtener datos de cada uno de estos factores.

5.1 Examen en profundidad de los factores que afectan a la CPUE y a la potencia pesquera (Relatora: Alicia Delgado de Molina)

Equipo de la embarcación

- Aviones y helicópteros

Los helicópteros y los pequeños aviones hicieron su aparición en los años 70, pero se interrumpió su empleo en 1987 en cuanto se refiere a la flota española, y en 1989 para la flota francesa.

-- Radar de pájaros

A comienzos de los años 80, los barcos localizaban los bancos visualmente, empleando prismáticos de largo alcance (aumentos de 25x150) como aparatos fundamentales para la detección de cardúmenes. Algunos de los barcos ya estaban equipados con radares de 15 kw. A partir de 1987 se empezó a utilizar un radar de banda X y 30 kw para detectar aves marinas, con un alcance de 12 millas náuticas. En 1990, los barcos comenzaron a instalar radares de 60 kw, con un alcance de 20 millas náuticas, suplementados por el programa de gráficos ARPA. Estos sistemas se utilizaron para seguir el desplazamiento real de los objetos flotantes. En comparación con el empleo de prismáticos, el radar de pájaros incrementó considerablemente la capacidad de búsqueda de los barcos, especialmente con respecto a la localización de *manchas* de biomasa.

-- Ecosondas y sonar

En los años 80, la mayoría de los cerqueros estaban equipados con ecosondas de profundidad, que registraban sobre papel. A partir de 1986, la flota comenzó a utilizar ecosondas de 60 kc, con un alcance máximo de 500 m. Al mismo tiempo, se pudo disponer de sondas de ultrasonido en color, con una mejor definición. En 1990, se comenzaron a instalar sondas de ultrasonidos de 45 kc, que poseían un alcance de 1500 m. En ese momento también comenzaron a emplearse los correntímetros. Los primeros sonares (con un barrido de 360°), junto con ordenadores, empezaron a utilizarse a mediados de los 80 (1986-87). Desde entonces se ha producido un desarrollo espectacular de los sonares, permitiendo seguir de cerca a los cardúmenes de tónidos durante los lances (incluso cuando el cardumen está profundo y no puede localizarse por signos en la superficie). Los sonares son utilizados por los patrones para decidir si la red será o no lanzada (dependiendo del tamaño del cardumen y de su profundidad) y durante la operación de encercado (para seguir el comportamiento del cardumen). La incorporación del sonar a las operaciones de pesca se ha traducido en una estimación más precisa del tamaño del cardumen en profundidad. Esto se convirtió en particularmente importante en los años 90, cuando los barcos incrementaron la profundidad a la cual se cierra el cerco.

-- Embarcaciones auxiliares

Las embarcaciones auxiliares, (comúnmente denominadas embarcaciones de abastecimiento) se han venido utilizando desde el comienzo de la pesquería, si bien se emplearon para diferentes tareas. Hasta los años 80, fueron utilizadas por los cerqueros para cebar los cardúmenes de tónidos con el fin de mantenerlos cerca de la superficie. Tras este período, se utilizaron para controlar físicamente el acceso a los montes submarinos (para una flota dada) y para comunicar a los cerqueros pertenecientes a la misma compañía el volumen de tónidos disponible sobre el monte submarino. Actualmente, su tarea principal consiste en seguir y efectuar el mantenimiento de los dispositivos artificiales de agregación.

-- Comunicación a través de satélites y facsímiles

Las imágenes a través de satélite, telecopias y ordenadores facilitan información sobre factores medioambientales en tiempo real a bordo, y ayudan a localizar zonas adecuadas para los cardúmenes superficiales de tónidos (por ejemplo, áreas de convergencia). Los satélites han sido utilizados por los cerqueros principalmente para obtener información sobre la temperatura de la superficie del mar (por ejemplo, las imágenes obtenidas del satélite METEOSAT en Dakar), lo que resulta particularmente útil en áreas de afloramientos (costeras y ecuatoriales).

-- Objetos flotantes artificiales

En 1991 tuvo lugar otro importante avance en la pesquería: el empleo a gran escala de objetos flotantes artificiales, que condujo a cambios en la composición por especies y tallas de las capturas, así como de los caladeros que se extendían casi hasta las aguas de Brasil. Los objetos flotantes artificiales poseen generalmente una radio-baliza que se activa mediante una señal de radio, y que transmite su propia señal en una frecuencia previamente programada. Desde 1995, algunos barcos han introducido restos flotantes equipados con boyas

ARGOS, fácilmente detectables por satélite. Al mismo tiempo, se introdujeron en la flota francesa restos flotantes equipados con ecosondas, que permiten la transmisión del tamaño del cardumen asociado a cada resto flotante. El número de restos artificiales flotantes varía de un barco a otro, si bien en general se asume que es alto. Actualmente no hay estimaciones del número total de restos flotantes utilizados. La incorporación de esta moda de pesca fue muy diferente para las flotas francesa y española. En la flota española, se extendió rápidamente durante 1991 (en aquel año, el 40 % del esfuerzo total estaba dirigido a esta modalidad de pesca). Este porcentaje se incrementó ligeramente en los años siguientes. En contraste, la flota francesa adoptó gradualmente este tipo de pesca a partir de 1994, año en el cual el esfuerzo dirigido a la pesca al objeto igualó prácticamente al esfuerzo de pesca no dirigido al objeto. El empleo de objetos flotantes ha impulsado cambios significativos en la pesquería. El área total de explotación se ha ampliado considerablemente hacia el oeste, debido al hecho de que los barcos siguen la deriva de los objetos causada por las corrientes ecuatoriales, que les aproxima a la costa americana.

-- Incremento de eficacia de los lances

Las dimensiones de las redes (longitud y profundidad) se han incrementado progresivamente, tanto en los barcos nuevos como en los viejos. Durante la década de los 80, la longitud de la red se situaba en torno a 1400 m, con una profundidad de 200 m (lo que se traducía en una profundidad de pesca efectiva de unos 70 m); a comienzos de los años 90, el tamaño de la red se incrementó ligeramente hasta 1600 m de longitud y 240 m de profundidad. A mediados de los años 90, las redes alcanzaron 2000 m de longitud y 300 m de profundidad para los mayores cerqueros (lo que corresponde a unos 150 m de profundidad de pesca efectiva). Un incremento en las dimensiones de la red puede incidir en la talla de la captura por lance (mediante la reducción de la tasa de escape) y permite el acceso a un componente más profundo del stock. En el caso de la pesquería tropical, el incremento en la profundidad del cerco podría ser una de las causas de l incremento de las capturas de patudo (una especie que habita en aguas más profundas que las otras dos especies de túnidos tropicales).

El sistema español de maniobra y cierre de la red se extendió a la flota francesa a mediados de los años 80. En ambas flotas, el método ha experimentado mayores mejoras con el empleo de winches y cables más resistentes para manejar la red y subirla a bordo. Se han introducido cambios importantes en el poder de arrastre de los cabrestantes del cerco y en la potencia de los bloques de alimentación con el fin de reducir el tiempo dedicado a halar la red. Tales innovaciones han reducido de forma considerable la duración de los lances, y han permitido calar la red con mal tiempo y en un mayor número de estratos espacio-temporales.

-- Edad de los barcos

La potencia pesquera de un determinado barco podría decrecer a lo largo del tiempo por diversas razones. Por ejemplo, podría descender a causa de las interacciones entre barcos y tripulaciones (los mejores patrones y tripulaciones se cambiarán a barcos nuevos, mientras que los patrones y tripulaciones menos eficaces se trasladarán a los barcos más antiguos), o porque los barcos antiguos no son tan rápidos como los modernos, o porque necesitan más tiempo de mantenimiento. La velocidad puede ser un factor clave durante algunos momentos cruciales de las operaciones pesqueras. Los barcos rápidos tienen dos ventajas en comparación con los más lentos: (a) cobertura más amplia del área de búsqueda, que podría incrementar la tasa de encuentros con cardúmenes, y (b) la capacidad para llegar a un cardumen antes que los barcos concurrentes, o calar la red sobre el banco con mayor rapidez.

Experiencia del patrón y de la tripulación

La experiencia del patrón y de la tripulación es un factor esencial en la eficacia pesquera de cualquier flota. Teniendo en cuenta las características de la pesquería tropical de superficie dirigida a los túnidos es probable que experiencia de la tripulación, y en particular, del patrón, tengan una marcada incidencia sobre la eficacia de la pesca de cerco. No obstante, el factor tripulación es difícil de integrar de forma explícita en un análisis de estandarización de la tasa de captura (debido en parte a la falta de datos adecuados), pero podría incorporarse implícitamente junto con otros factores del barco. Incluso si se dispone de datos adecuados, su naturaleza confidencial y, en algunos casos, los impedimentos legales, hacen difícil el manejo de estos datos.

Factor mercado

Las fuerzas comerciales tienen incidencia sobre el comportamiento de los pescadores e influyen en la composición de la captura de los túnidos tropicales. El ejemplo más significativo es el precio de los túnidos, que sufre fluctuaciones dentro de la temporada de pesca, y es bastante diferente para las diferentes tallas y especies de peces. Los pescadores intentan, en general, maximizar los ingresos y beneficios. Según eso, la decisión de perseguir peces y de calar la red puede estar relacionada con el valor estimado de los ejemplares con tallas comerciales y el tamaño estimado del cardumen. Los pescadores franceses tienden a perseguir rabil de gran tamaño a causa de su valor relativamente alto. Sin embargo, cuando se estrecha el diferencial de precios entre las categorías comerciales, persiguen también otras especies y tallas (por ejemplo, el listado). Las incidencias del mercado complican la interpretación de los cuadernos de pesca recolectados de los pescadores. En función de la variación de los precios, pueden deducirse los cambios anuales de los ejemplares con tallas comerciales.

Estrategia pesquera

Uno de los factores importantes en la eficacia de cualquier flota atunera es el grado de cooperación o competencia entre las unidades pesqueras. La cooperación se desarrolla dentro de subgrupos de barcos formados entre patrones amigos. Esta cooperación se desarrolla principalmente (pero no en exclusiva) dentro de cada pabellón. Esta comunicación activa dentro de grupos de barcos explica porqué cualquier gran concentración de túnidos localizada por un cerquero individual será rápidamente explotada (en general hasta su agotamiento) por un grupo de cerqueros en cooperación. En una situación de este tipo, debería incluirse en el esfuerzo pesquero el recorrido hacia la concentración (incluyendo el recorrido nocturno). Desafortunadamente, este componente es difícil o imposible de incorporar, ya que este parámetro nunca se registra en los cuadernos de pesca y probablemente varía bastante a lo largo del tiempo. Sin embargo, está claro que los cambios en las unidades cooperadoras podrían introducir sesgos importantes durante un largo período en la interpretación de cualquier relación entre CPUE y biomasa.

Además, durante los últimos 15 años, se ha producido un incremento importante en la práctica de efectuar caladas sobre montes submarinos .

Efecto "mancha" (concentración de biomasa)

Debido al *efecto mancha*, se puede interpretar un valor de CPUE sólo como una función del esfuerzo pesquero total y de las capturas totales en cada estrato. En general, puede asumirse que si la biomasa de túnidos en un estrato es alta, las capturas también lo serán, y la CPUE debería en general ser alta; por el contrario, las capturas escasas en cualquier estrato probablemente significan una biomasa local pobre (de media). Sin embargo, las observaciones efectuadas en el océano Atlántico este han mostrado una falta aparente de relación entre la abundancia y la CPUE local. Parece que, con frecuencia, las CPUE más altas están asociadas a las capturas más escasas, mientras que los estratos con las capturas totales más altas (los estratos más ricos) con frecuencia muestran una CPUE moderada. Esta situación se ilustra en la **Figura 2**, que presenta un esquema típico de explotación de una *mancha* de rabiles grandes explotada durante un solo mes. El rápido declive de las capturas diarias y tasas de captura, y el pequeño tamaño de la zona explotada pueden considerarse características del *efecto mancha*. En el ejemplo que aparece en la **Figura 2**, la mancha fue explotada por un máximo de 15 cerqueros, y produjo más de 10.000 t. Varios factores podrían explicar estas observaciones:

- Sólo se ejerce un esfuerzo pesquero muy fuerte en áreas con una importante biomasa de túnidos. La alta tasa de explotación produce un despoblamiento local de la biomasa local, que se exagera por la competencia entre cerqueros. En tal caso, la abundante biomasa local conduce a una CPUE local media o escasa.
- Se ejerce un esfuerzo pesquero escaso en un estrato dado con una biomasa moderada y un pequeño número de barcos cooperantes, lo que lleva con frecuencia a una alta CPUE (incluso cuando la biomasa local total era moderada).

Efectos medioambientales

Entre los factores medioambientales que pueden modificar la vulnerabilidad de los cardúmenes superficiales de túnidos, la profundidad de la termoclina es uno de los más importantes. Este factor afecta directamente a la tasa de éxito de los lances. Otro importante factor medioambiental es la velocidad y dirección de las corrientes subsuperficiales. Progresivamente, se han introducido en la pesquería de cerco varios dispositivos electrónicos que permiten la medición en tiempo real de la profundidad de la termoclina y corrientes subsuperficiales antes de cada lance. Conocer estos parámetros antes de decidir si se efectúa un lance, y durante éste, reduce la probabilidad de operaciones infructuosas. Al mismo tiempo, los pescadores han mejorado su conocimiento de las corrientes de superficie y, en consecuencia, pueden evaluar la velocidad y dirección de la deriva de los restos flotantes artificiales. Por ejemplo, los restos lanzados en el Golfo de Guinea pueden ser seguidos a lo largo de las zonas ecuatoriales hasta la parte occidental del océano Atlántico.

Resumen

Parece que muchas de las mejoras introducidas en las operaciones de pesca se han llevado a cabo con el fin de incrementar el éxito de pesca de los cerqueros que operan en el océano Atlántico este. Estas mejoras afectan directamente a la potencia pesquera de los barcos, y están relacionadas con un incremento de las tasas de encuentro con cardúmenes o *manchas* (debido a un incremento en la amplitud y profundidad del área abarcada por unidad de tiempo de búsqueda), y un descenso en la duración del lance (tanto para lances positivos como para lances nulos). Al mismo tiempo, es probable que la capturabilidad (es decir, la relación entre el esfuerzo nominal y el esfuerzo efectivo) haya sido afectada por la variación en la vulnerabilidad de los cardúmenes de túnidos y por modificaciones en el comportamiento de los pescadores. Al contrario de lo que ocurre con la potencia pesquera, es probable que estas dos características fluctúen sin tendencia a lo largo de los años. Los análisis sobre la capacidad de la CPUE de reflejar la abundancia y los análisis de los cambios eventuales de capturabilidad requieren aunar los datos tradicionales de las CPUE para distintas especies a conjuntos de datos auxiliares, tales como factores medioambientales (por ejemplo, profundidad de la termoclina y áreas ecológicas), modas de pesca (es decir, estrategias pesqueras), precios de mercado de las categorías comerciales, y otros factores relevantes.

En la **Tabla 1** se presenta un resumen del momento de la presencia o evolución de las variables que afectan al éxito en la pesca. El algoritmo utilizado para estimar el tiempo de maniobra como unidad de esfuerzo se presenta en la **Tabla 2**.

5.2 Adquisición de datos adicionales

Se deberían ensayar intentos para obtener directamente informaciones adicionales de los cuadernos de pesca. Esta información podría incluir las horas de inicio y final de la operación (para poder estimar el tiempo de búsqueda que precede a un determinado lance) así como información detallada sobre las características de los objetos flotantes naturales o artificiales (es decir, si están equipados con radio-balizas, sistema Argos, etc.).

Las variaciones en los precios de mercado de las diversas categorías comerciales de túnidos es probablemente una de las causas principales de cambios en el comportamiento de los pescadores. Consiguientemente, la decisión de perseguir peces y calar la red, puede estar relacionada con las categorías estimadas de las tallas comerciales de los peces. Tal como se destacó en el Simposio sobre Túnidos, ya se dispone de bases de datos comerciales sobre precios por talla. Esta información debería ser recolectada por la Secretaría de ICCAT para ser utilizada como variable explicativa durante las reuniones de los grupos de trabajo del SCRS sobre evaluación.

La relación entre la CPUE y la abundancia de túnidos podría alterarse por la existencia de una distribución no aleatoria de los cardúmenes de túnidos en el espacio y en el tiempo. En este caso, la estimación del tiempo de búsqueda debería tener en cuenta el tiempo que se pierde desplazándose entre concentraciones (incluyendo los desplazamientos nocturnos) y el tiempo que se tarda en localizar estas concentraciones. Dada la falta de información precisa de este tipo en los cuadernos de pesca, deberían aplicarse programas de observadores a bordo para aportar este nivel de detalle. Podría ser posible utilizar datos de observadores para

estimar el tiempo dedicado a las diversas actividades de los barcos sin observadores. En la misma forma, podrían actualizarse las estimaciones de los parámetros sobre el tiempo de operación (para lances positivos y nulos) con observaciones hechas durante programas de observadores.

A pesar de la dificultad para obtener información detallada sobre la fecha de la introducción de los equipos de pesca por barcos de compañías propietarias, se deberían alentar las encuestas para obtener datos sobre estas mejoras (durante los programas de observadores, y sobre una base periódica).

6. Tratamiento de datos y análisis experimentales de los datos (Relatores: H. Naozumi, N. Miyabe y P. Mace)

El Grupo de trabajo definió las variables siguientes como potencialmente útiles para su consideración en análisis de CPUE y en medidas potenciales del esfuerzo pesquero que podrían ser utilizados en tales análisis.

Variables potencialmente útiles para su consideración en análisis de la CPUE

- Variables temporales y espaciales: año, estación (mes, trimestre, etc.); zona (lugar) de la captura; número de áreas de 1°x1° a que accede la pesquería por quincena.
- Tasas de captura: captura por especies y talla (números y/o peso); capturabilidad de otras especies: variabilidad de la tasa de captura; variabilidad de la tasa de captura entre barcos (diferentes potencias pesqueras); variabilidad de las tasas de captura de barcos considerados individualmente durante un corto período de tiempo dentro de un área dada (efecto local de agotamiento); variabilidad de las tasas de captura a lo largo del tiempo (identificar la variable normal); espacio de tiempo entre lances con altas tasas de captura; frecuencia de lances nulos; frecuencia de las operaciones (lances/día).
- Variables de la flota: número de barcos en activo; momento en el cual la flota adoptó nuevos avances tecnológicos tales como un radar mejorado de avistamiento de pájaros (esta variable permite identificar el potencia evolutivo de la CPUE independientemente del tamaño del stock; podría ser necesario escindir el índice).
- Información individual de los barcos: tiempo en años en que el barco ha permanecido en una categoría dada (la dimensión del barco está relacionada con su velocidad de desplazamiento).

Medidas potenciales de esfuerzo

- Número total de operaciones
- Número de operaciones positivas
- Número de operaciones nulas
- Días u horas en la mar
- horas o días de pesca
- Tiempo de búsqueda en horas
- Número de barcos operativos
- Grado de eficacia de los barcos a nivel individual o de su categoría.

Variables dependientes del potencial

Se identificaron las siguientes variables como candidatos potenciales para variables dependientes en análisis de CPUE:

- Captura por hora de pesca (donde las horas de pesca incluyen maniobra y tiempo de búsqueda)
- Captura por hora de búsqueda **
- Número total de lances por hora de búsqueda

- Número de lances sobre cardúmenes libres por hora de búsqueda (restando el tiempo de maniobra sobre un banco asociado a un objeto flotante y lances nulos)**
- Captura por lance positivo (como índice de la importancia del stock)**

El Grupo llegó a la conclusión de que podría ser útil estimar dos índices: un índice de la frecuencia de hallazgo de cardúmenes, y un índice del tamaño de los mismos. En consecuencia, se escogieron las variables dependientes, *número de lances sobre cardúmenes libres por horas de búsqueda* y *captura por lance positivo*. La *captura por hora de búsqueda* representa una composición de estas dos variables. Las variables seleccionadas se destacan en la lista más arriba por el símbolo **. El Grupo también manifestó su acuerdo sobre un cierto número de otros detalles acerca de qué tratamiento debería dárseles a los datos. Las variables independientes deberían incluir las captura totales por especies y talla, y el total de lances por tipo de operación. Dado que casi todos los lances sobre bancos asociados a restos son positivos, el Grupo consideró que sería razonable asimilar el total de lances libres a la suma de los lances positivos sobre bancos libres y todos los lances nulos. Para confeccionar un índice de grandes rabiles, se convino que sería mejor restringir el análisis a los cardúmenes libres. Se consideró que los niveles adecuados de agregación eran de bloques de 5°x5° en cuanto a área, mes en cuanto a tiempo y categoría y nacionalidad del barco para su identificación. Se recomendó que podría ser útil llevar a cabo una serie de análisis secundarios, incluyendo un análisis con datos restringidos a las principales zonas y temporadas de pesca.

Métodos analíticos

En el marco de la discusión sobre métodos potenciales de análisis, el Dr. G. Watters de IATTC ofreció una presentación sobre el método del árbol de regresión (Regression Tree, Documento de referencia n° 1). Este método ofrece una alternativa al estudio de las series temporales de los datos de captura por unidad de esfuerzo, y presenta dos ventajas potenciales en relación a otros enfoques. En primer lugar, acomoda las interacciones entre el mecanismo de variables de predicción y, en segundo, podría implicar menos parámetros que los modelos comparables GLM o GAM. Para demostrar el procedimiento, se utilizó un ejemplo basado en datos de CPUE de la pesquería de Japón para patudo.

Se acordó que deberían desarrollarse árboles de regresión para las pesquerías de cerco de túnidos en el Atlántico tropical, ya que serían útiles para reducir los efectos que afectan a la CPUE. También se determinó explorar el GLM y el GAM. Los dos modelos han sido utilizados en el pasado, y por tanto, resultan familiares a los participantes. Después, el Grupo de trabajo discutió prioridades para los análisis, tales como especie, categoría de talla del pez, y tipo de lance. Se acordó que deberían estudiarse el rabil y el listado, pero que debería concederse prioridad a los lances libres en el caso del rabil, dado que el esfuerzo de pesca puede definirse con mayor precisión. El Grupo acordó que los resúmenes de los datos básicos constituirían un prerequisite esencial para los análisis detallados.

Los resúmenes de datos seleccionados se presentan en las **Tablas 3-7**. La base de datos incluye la información de una media anual de 75 barcos de Francia, España y otras naciones, desde 1981 a 1996 (**Tabla 3**). El conjunto de datos contenía unas 160.000 observaciones sobre la captura y el esfuerzo de barcos individuales en cuadrículas de 1°x1°, por quincena y por año, con unas 90.000 observaciones de barcos españoles, 50.000 de barcos franceses y 20.000 de barcos de otras nacionalidades (**Tabla 4**). El número de observaciones por categoría del barco y por mes se muestran en las **Tablas 5 y 6**. En la mayoría de los casos, los barcos no efectuaron ninguna operación en combinaciones de cuadrículas de 1°x1° y quincena, y más del 85% de las observaciones registraron operaciones de 0-2 lances (**Tabla 7**).

7. Análisis de datos de captura y esfuerzo

Los métodos de análisis desarrollados eran: Árboles de Regresión, Modelos Lineales Generalizados (GLM) y Modelos Aditivos Generalizados (GAM). Los GAM representan una alternativa a los GLM; no asumen una relación lineal entre las variables de respuestas y mecanismos de predicción. Se aplicaron árboles de regresión a los datos de captura y de CPUE para ilustrar qué variables explicativas podrían ser importantes. En el Documento de Referencia n° 1 se muestra un ejemplo de árbol de regresión.

Árboles de regresión

Los datos seleccionados para el análisis se representaron por año: 1991-1996, todas las áreas, flotas francesa y española, captura (rabil por categorías de talla -0-10 y > 10 kg), mes/bloques de 5°x5° y esfuerzo (horas de pesca = tiempo de búsqueda y tiempo de maniobra).

El árbol de regresión 1 modeliza la captura de rabil según nueve variables: 4 variables categóricas, es decir, talla del rabil, tipo de lance sobre banco libre, o sobre objetos flotantes, categoría del barco, nación, y 5 variables continuas, es decir, latitud, longitud, año, mes y esfuerzo (días de pesca). El árbol desarrollado tiene 104 nudos. Los resultados de la validación recíproca indicaron que 10 nudos podrían ser adecuados para explicar la captura; asimismo, se generó un árbol truncado (**Figura 3**). Las ramas del árbol se representan en intervalos uniformes y no ilustran la distancia real entre nudos. Como se muestra en la **Figura 3**, la variable más importante para explicar la captura es la talla del rabil. El número indicado en el nudo terminal es la captura media de rabil. Por ejemplo, si la talla del rabil es de 0-10 kgs, la captura media en el nudo terminal es de 168 kgs (100*1.68). La parte derecha del árbol señala los nudos que corresponden a los rabiles superiores a 10 kg. Las variables significativas incluyen el esfuerzo, la categoría del barco y el tipo de lance.

El árbol de regresión de la CPUE se muestra en la **Figura 4**. De forma similar a la captura, la CPUE se escindió inicialmente según las tallas de los rabiles. Para ejemplares de rabil > 10 kgs, las variables más importantes son el tipo de lance, la eslora y categoría del barco.

Gráficos de dispersión

Como preparación para los análisis estadísticos del conjunto de datos, el Grupo de trabajo examinó los gráficos de distribución de algunas de las variables consideradas para su inclusión en modelos analíticos. Cada variable se representó gráficamente junto con las otras variables, para poder evaluar visualmente el grado de correlación entre ellas (**Figura 5**). Pocas variables parecían estar relacionadas con la captura.

GAM (Modelo Aditivo Generalizado)

Se llevaron a cabo GAM sobre datos de rabil, agregados según diversos criterios temporales y espaciales.

Los datos se seleccionaron por años: 1981-1996, flotas (francesa, española y otras), capturas (rabiles > 10 kgs), y esfuerzo (horas de búsqueda) agregados por barco, quincenas y cuadrículas de 1°x1°. El área estudiada estaba comprendida entre 5°S-5°N y 20°W-5°E y se incluyeron cuatro áreas más amplias (NE Ecuador, PICCOLO, NW PICCOLO y S Ecuador (véase la **Figura 6**). Se ajustó un GAM con la captura de rabil como variable dependiente. Una de las variables fue categórica (el área). Las variables continuas eran el año, la quincena, las horas de búsqueda, las capturas por otros barcos en el estrato (CATYF1), la nación, la categoría del barco y una distribución conjunta longitud-latitud. Se asumió que la nación y categoría del barco eran variables continuas, pero que deberían ser consideradas como variables categóricas en análisis subsiguientes. Se utilizó una distribución de Poisson y un aplanamiento de Loess. Los resultados del GAM se muestran en la **Figura 7**. El rango relativo de las coordenadas está en relación con la importancia de cada variable. La variable año puede considerarse como la CPUE estandarizada para las otras variables. Los resultados se consideran preliminares, ya que no se efectuó ningún análisis de los valores residuales y habría que considerar las variables explicativas adicionales.

Análisis de las operaciones sobre bancos libres por hora de búsqueda

Como sustituto de la frecuencia de los cardúmenes de rabiles grandes, se examinó el número de operaciones sobre bancos libres por hora a lo largo de los años (asumiendo que todos los lances habían sido hechos sobre cardúmenes libres durante el período de 1981-1990). Se partió del supuesto inicial de que los barcos estaban buscando activamente cardúmenes libres durante el tiempo de búsqueda (horas de pesca - tiempo de maniobra) incluso si se estaban desplazando hacia un resto flotante artificial. No obstante, los análisis preliminares mostraron cambios muy notables en la tasa nominal de lances (lances sobre bancos libres/hora de

búsqueda) entre el período de 1981-1990 (0.1029, std dev=0.602) y el período 1991-1996 (0.0278, std dev=0.091) así como las estimaciones de parámetros que aparentaban descender de manera considerable a comienzos de 1991. Estos resultados sugirieron que los barcos habrían tenido una menor probabilidad de detectar cardúmenes (o de elegir efectuar operaciones sobre bancos libres) durante el último período y que por tanto los dos períodos temporales deberían analizarse por separado.

Los resultados de los análisis de los lances sobre bancos libres utilizando el procedimiento GENMOD en SAS (asumiendo una distribución dispersa del error de Poisson y empleando una función de relación con compensación de las horas de prospección sobre objetos flotantes) se muestran en la **Tabla 8**. Para los años 1981-1990, los factores significativos indicados son el año, la pesquería, el trimestre, la categoría del barco en el área. En 1991-1996, la nación ha dejado de ser un factor determinante.

Se aplicó el método SAS GENMOD para modelizar la biomasa de los grandes rabiles capturados por lances de cerco sobre cardúmenes libres. Las variables del modelo comprendían el año (1981 a 1996), la quincena, la nación (Francia y España), categoría del barco (5, 6 y 7; el 7 se redesignó 1), área de la captura (NE Ecuador, S Ecuador y PICCOLO; PICCOLO fue redesignado X PICCOLO) y la captura de grandes rabiles por otros barcos en la misma cuadrícula de 1°x1°. Se aplicó una relación logarítmica y una distribución de Poisson.

Todas las variables del modelo eran importantes (**Tabla 9**). No obstante, el esquema de los valores residuales era extraño y la correlación negativa entre las dimensiones del barco (categoría del barco) y la captura media de rabil por lance era imprevista.

Análisis por GLM de la captura por hora de búsqueda

Como en el caso de los otros análisis por GLM, los datos se restringieron a rabiles de gran talla y operaciones sobre bancos libres, y se asumió una distribución de Poisson en cuanto concierne a una estructura de error. Al principio, sólo se incluyeron los factores principales para comprobar su significancia. Estos factores eran el año, el mes, la latitud y longitud por bloques de 5°x5°, área para rabil (excepto NW PICCOLO), la categoría del barco, y la captura total de grandes rabiles en un mismo estrato de 1°x1°. El ajuste permitió observar que había unas 2.700 observaciones con un tiempo de búsqueda cero; éstas se excluyeron de los análisis. Todos los factores principales eran significativos, por lo que se mantuvieron en el modelo. El último modelo analizado incluía todos los factores principales y una interacción entre mes y área. El factor con mayor incidencia era la captura total de grandes rabiles efectuada en un mismo estrato de 1°x1°, seguido de la categoría del barco, año, y mes. En general, los parámetros estimados concordaban con el conocimiento actual y, lo que es más sorprendente, la CPUE estimada era muy similar a la CPUE nominal, si bien mostraba menores variaciones anuales (**Figura 8**).

8. Recomendaciones respecto a la investigación, análisis y recolección de datos en el futuro

El Grupo de trabajo hizo varias recomendaciones para (a) mejorar la calidad de las bases de datos actuales y la calidad y cantidad de los datos extraídos de la pesquería, (b) llevar a cabo más análisis y utilizar modelos alternativos, y (c) llevar a cabo investigación adicional.

Mejora de los datos y obtención de otros datos de la pesquería

1. Los datos de la pesquería de cerco del Atlántico tropical oriental requieren un mayor seguimiento y documentación antes de poder efectuar análisis de datos en el futuro. En particular, es necesario analizar las siguientes anomalías existentes en la base de datos, y corregir o atribuir el pabellón correspondiente:

- registros con datos de captura pero cero lances.
- registros de barcos con demasiado esfuerzo y demasiados lances por quincena.
- códigos de barcos con múltiples categorías de barcos, y
- registros con un número poco real de horas de pesca.

2. El Grupo consideró importante recolectar datos más comprensivos del tiempo dedicado a la búsqueda, al tiempo de maniobra, a la duración del lance y descartes. Empleando un enfoque similar al aplicado a una flota estadounidense que faenaba en el Pacífico oeste, los cuadernos de cerco del Atlántico podría incluir una o más columnas para registrar las cantidades descartadas de cada especie. Los datos de observadores servirían para calibrar aquellos registros que se consideren erróneos o de los que no se tenga constancia. Además, el Grupo recomendó estudiar la viabilidad de utilizar un mecanismo automatizado de registro de datos para hacer un seguimiento de la posición, tiempo, y duración de los lances durante las mareas.
3. También podrían recolectarse datos adicionales sobre una base anual mediante observadores, o llevando a cabo entrevistas a pie de muelle al final de cada marea. Por este medio, se podría recolectar información sobre las características del barco y de los artes, tales como dimensiones de la red, equipo electrónico en uso y campo de acción, y promedio de objetos flotantes empleados.
4. La cobertura por observadores a bordo de los barcos y las actividades pesqueras se deberían llevar a cabo a un nivel y frecuencia adecuados que permitan obtener datos estadísticamente válidos sobre las operaciones de pesca.

Modelos y análisis

1. Aunque no se haya incorporado a la base de ICCAT la información de datos por lance debido a la preocupación expresada por los países implicados en cuanto a la confidencialidad, se debería alentar la realización de tareas en colaboración sobre estos datos, en una pequeña reunión intersesiones.
2. Se asumió una distribución de error de Poisson para todos los análisis por GLM que aquí se presentan. Deberían llevarse a cabo análisis adicionales utilizando una diferente distribución de error; también se deberían tener en cuenta las interacciones.
3. El tiempo disponible no permitió realizar algunos de los análisis que se describen en líneas generales en el Apartado 6. En particular, se debería intentar llevar a cabo análisis sobre (i) datos agregados por áreas de 5°x5°, mes y categoría del barco y nación, y (ii) un conjunto de datos restringido que comprendiera sólo el estrato espacio-temporal más importante.
4. Puede ser útil identificar a los barcos que presentan datos de mayor calidad para realizar análisis de datos más detallados de factores tales como la mejora del equipo a lo largo del tiempo y tipos de operaciones anteriores a 1991.
5. Se deberían explorar los métodos de geoestadística y otros capaces de manejar esquemas espaciales y temporales para realizar análisis de datos.
6. Se debería obtener mayor información sobre el tipo de operaciones de cerco para el período anterior a 1991.
7. Se podrían desarrollar mejores algoritmos que tengan en cuenta el tiempo empleado en las operaciones nocturnas de colocación de los DCP y los lances sobre bancos libres que se inician a última hora del día. Esto podría lograrse utilizando datos de observadores.

Investigación adicional

1. Deberían llevarse a cabo estudios de marcado para obtener información sobre (i) tamaño y mortalidad por pesca del stock, y (ii) la tasa de concentración de peces en torno a los objetos flotantes. Si bien son costosos, se considera que los estudios de marcado tienen una alta prioridad debido a la calidad y fiabilidad de los resultados que aportan. Se observó que la recomendación (ii) podría integrarse junto con un programa de realización de (i) o llevarse a cabo como una actividad independiente.

2. Es necesario estudiar el comportamiento de los peces asociados a los DCP utilizando barcos de investigación que incluyan marcado convencional, marcas sónicas y prospecciones acústicas. Esta actividad podría integrarse en la recomendación (i) o bien llevarse a cabo como actividad independiente. El Grupo observó que esta recomendación tenía mayor prioridad con respecto al listado y al patudo que al rabil.
3. Se sugirió llevar a cabo prospecciones aéreas para determinar el número total de objetos flotantes, pero podrían resultar costosas, y por tanto se les asignó una prioridad más baja.

9. Adopción del Informe

El proyecto del informe se presentó en la sesión final. Con algunas modificaciones, el informe fue adoptado, a condición de que los participantes tuvieran la oportunidad de examinar la versión final antes de darla por definitiva.

10. Clausura

La presidenta del Grupo de trabajo, Dra. Mace, agradeció a los participantes y a la Secretaría su colaboración. Asimismo, agradeció al personal del Laboratorio de Miami el excelente apoyo logístico durante la reunión. Los participantes destacaron la forma eficaz en que la presidenta había dirigido los debates.

Se clausuró la reunión.

Agenda

1. Opening of the meeting
2. Adoption of Agenda, review of the objectives of the meeting, format of meeting report, assignment of discussion leaders and rapporteurs
3. Description of the eastern tropical Atlantic surface tuna fisheries and availability of data
4. Methods used by other international commissions and fisheries organizations to assess tuna stocks that support surface fisheries
5. Measures of effort
6. Data handling and exploratory data analysis
7. Analyses of CPUE
 - a) Exploratory data analysis
 - b) Examination of factors affecting CPUE and fishing power
 - c) Examination of data needs
8. Potential future innovations in data collection and analysis
9. Adoption of Report
10. Adjournment

Ordre du jour

1. Ouverture de la réunion
2. Adoption de l'ordre du jour et organisation des sessions
3. Description des pêcheries thonières de surface de l'Atlantique tropical est (Rapporteur : Susan Singh-Renton)
4. Méthodes utilisées par d'autres organisations régionales de pêche pour évaluer les stocks de thonidés exploités par les pêcheries de surface (Rapporteur : Michel Bertignac)
5. Facteurs affectant la CPUE et contribuant à l'accroissement de la puissance de pêche dans les pêcheries thonières tropicales de senneurs (Rapporteur : Jean Cramer)
6. Traitement et analyse expérimentale des données
7. Analyses de la CPUE
 - ▶ Analyse expérimentale des données
 - ▶ Facteurs affectant la CPUE et la puissance de pêche
 - ▶ Données nécessaires
8. Eventuelles innovations futures en matière de collecte et d'analyse des données
9. Adoption du rapport
10. Clôture

Orden del día

1. Apertura
2. Adopción del Orden del día y de las disposiciones para la reunión
3. Descripción de las pesquerías de superficie de túnidos en el Atlántico tropical oriental (Relatora: Susan Singh-Renton)
4. Métodos empleados por otras organizaciones regionales para evaluar stocks de túnidos explotados por pesquerías de superficie (Relator: Michel Bertignac)
5. Factores que afectan a la CPUE y contribuyen al incremento de una potencia pesquera en las pesquerías de cerco de túnidos tropicales (Relatora: Jean Cramer)
 - 5.1 Examen en profundidad de los factores que afectan a la CPUE y a la potencia pesquera (Relatora: Alicia Delgado de Molina)
 - 5.2 Adquisición de datos adicionales
6. Tratamiento de datos y análisis experimentales de los datos (Relatores: H. Naozumi, N. Miyabe, P. Mace)
7. Análisis de datos de captura y esfuerzo
8. Recomendaciones respecto a la investigación, análisis y recolección de datos en el futuro
9. Adopción del Informe
10. Clausura

List of participants/Liste des participants/Lista de participantes

**European Community
Communauté Européenne
Comunidad Europea**

ARIZ TELLERÍA, Javier
Instituto Español de Oceanografía
Centro Ocesnográfico de Canarias
Apartado 1373
38080 Santa Cruz de Tenerife (España)
Tel : 922.54.9400
Fax : 922.54.9554
E-mail : tunidos@ieo.rcanaria.es

DELGADO DE MOLINA, Alicia
Instituto Español de Oceanografía
Centro Ocesnográfico de Canarias
Apartado 1373
38080 Santa Cruz de Tenerife (España)
Tel : 922.54.9400
Fax : 922.54.9554
E-mail : tunidos@ieo.rcanaria.es

FONTENEAU, Alain
Centre ORSTOM/HEA
B.P. 5045
34032 Montpellier cedex 01 (France)
Tel : 04.6763.6983
Fax : 04.6763.8778
E-mail : fonteneau@mpl.orstom.fr

GAERTNER, Daniel
Centre ORSTOM/HEA
B.P. 5045
34032 Montpellier cedex 01 (France)
Tel : 04.6763.6981
Fax : 04.6763.8778
E-mail : gaertner@melusine.mpl.orstom.fr

KELL, Laurence
The Fisheries Laboratory
CEFAS
Lowestoft, Suffolk (United Kingdom)
Tel : 4415.0252.4347
E-mail : ltkell@cefass.uk.co

PALLARÉS SOUBRIER, Pilar
Instituto Español de Oceanografía
Corazón de María, 8
28002 Madrid (España)
Tel : 91.347.3620
Fax : 91.413.5597
E-mail : pilar.pallares@md.ico.es

PEREIRA, João Gil
Departamento de Oceanografia e Pescas
Universidade dos Açores
9900 Horta, Açores (Portugal)
Tel : 92.2.2944
Fax : 92.2.2659
E-mail : pereira@dop.nac.pt

**United States
Etats-Unis
Estados Unidos**

BROWN, Brad
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4590
Fax : 1.305.361.4499
E-mail : brad.brown@noaa.gov

BROWN, Craig A.
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4590
Fax : 1.305.361.4499
E-mail : craig.brown@noaa.gov

CRAMER, Jean
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4493
Fax : 1.305.361.4219
E-mail : jean.cramer@noaa.gov

CUMMINGS, Nancie
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4234
Fax : 1.305.361.4562
E-mail : nancie.cummings@noaa.gov

LEGAULT, Chris
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4218
E-mail : chris.legault@noaa.gov

MACE, Pamela
NMFS-Northeast Fisheries Science Center
166 Water Street
Woods Hole, Massachusetts 02543
Tel : 508.495.2357
Fax : 508.495.2393
E-mail : pamela.mace@noaa.gov

ORTÍZ, Mauricio
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4796
Fax : 1.305.361.4600
E-mail : mortaise@rsmas.miami.edu

PORCH, Clay
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4284
Fax : 1.305.361.4219
E-mail : clay.porch@noaa.gov

POWERS, Joseph E.
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4219
Fax : 1.305.361.4478
E-mail : joseph.powers@noaa.gov

RESTREPO, Victor R.
CUFER
Rosentiel School of Marine
and Atmospheric Studies
University of Miami
4600 Rickenbacker Causeway
Miami, Florida 33149
Tel : 305.361.4022
Fax : 305.361.4457
E-mail : vrestrepo@rsmas.miami.edu

SAKAGAWA, Gary
NOAA/NMFS
Southwest Fisheries Science Center
Pelagic Fisheries Resources Division
P.O. Box 271
La Jolla, California 92038-0271
Tel : 619.546.7177
Fax : 619.546.5653
E-mail : gary.sakagawa@noaa.gov

SCOTT, Gerald P.
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4284
Fax : 1.305.361.4219
E-mail : gerry.scott@noaa.gov

TURNER, Stephen C.
NMFS-Southeast Fisheries Science Center
75 Virginia Beach Drive
Miami, Florida 33149
Tel : 1.305.361.4482
Fax : 1.305.361.4562
E-mail : sturner@sefs.noaa.gov

Japan
Japon
Japón

MIYABE, Naozumi
National Research Institute of Far Seas Fisheries
5-7-1 chome Orido
Shimizu 424
Tel : 81.543.36.6044
Fax : 81.543.35.9642
E-mail : miyabe@enyo.affrc.go.jp

OKAMOTO, Hiroaki
National Research Institute of Far Seas Fisheries
5-7-1 chome Orido
Shimizu 424
Tel : 81.543.36.6044
Fax : 81.543.35.9642
E-mail : okamoto@enyo.affrc.go.jp

Morocco
Maroc
Marruecos

ABOU EL OUAFA, Abderrahim
Ministère des Pêches
El Agdal, 10000 Rabat
Tel : 212.777.8530
Fax : 212.777.8566
E-mail : abou@mpbm.gov.ma

United-Kingdom
Royaume-Uni
Reino Unido

LUCKHURST, Brian
Division of Fisheries
P.O. Box CR52
Crawl CRBX (Bermuda)
Tel : 441.293.1785
Fax : 441.293.2716
E-mail : blucky@ibl.bm

CARICOM

SINGH-RENTON, Susan
Pelagic and Reef Fishes Resource
Assessment Unit, CFRAMP
Tyrell Street (St. Vincent & The Grenadines)
Tel : 809.457.1904
Fax : 809.457.2414
E-mail : cframp@caribsurf.com

IATTC

WATTERS, George
Inter-American Tropical Tuna Commission
c/oScripps Institution of Oceanography
8604 La Jolla Shores Drive
La Jolla, California 92037-1508 (USA)
Tel : 619.546.7100
Fax : 619.546.7133

Secretariat of the Pacific Community
Secrétariat de la Communauté du Pacifique
Secretaría de la Comunidad del Pacífico

BERTIGNAC, Michel
SPC
B.P. D5
98848 Nouméa (Nouvelle-Calédonie)
Tel : 687.26.2000
E-mail : michelb@spc.org.nc

BIGELOW, Keith
 Fisheries Research Scientist
 Oceanic Fisheries Programme, SPC
 B.P. D5
 98848 Nouméa (Nouvelle-Calédonie)
 Tel : 687.26.0192
 Fax : 687.26.3818
 E-mail : keithb@spc.org.nc

Chinese Taipei
Taipei chinois
Taipei chino

HSU, Chien-Chung
 Institute of Oceanography
 Taipei University
 P.O. Box 23-13, Taipei
 Tel : 886.2362.2987
 Fax : 886.2366.1198
 E-mail : hsucc@ccms.ntu.edu.tw

ICCAT Secretariat
Secrétariat ICCAT
Secretaría ICCAT

MIYAKE, Peter Makoto
 Assistant Executive Secretary
 ICCAT
 Corazón de María, 8
 28002 Madrid (España)
 Tel : 3491.416.5600
 Fax : 3491.415.2612
 E-mail : peter.miyake@iccat.es

KEBE, Papa
 ICCAT
 Analyste de Systèmes
 Corazón de María, 8
 28002 Madrid (España)
 Tel : 3491.416.5600
 Fax : 3491.415.2612
 E-mail : papa.kebe@iccat.es

Appendix 3/Appendice 3/Apéndice 3

List of documents/Liste des documents/Lista de documentos

- SCRS/98/35 Effects of changing fishing operations on CPUE in the purse seine fishery for tropical tunas in the central-western Pacific Ocean - Sakagawa, G.T.
- SCRS/98/36 Atlantic tropical tuna fisheries : general overview - Delgado de Molina, A., A. Fonteneau, P. Pallarés, J. Ariz, J. Morón, D. Gaertner, J.C. Santana
- SCRS/98/37 Trend of some features and possible factors which affect fishing performance of the Japanese purse seine fishery in the Indian and Pacific Oceans - Okamoto, H., S. Hirokawa, N. Miyabe
- SCRS/98/38 An overview of problems in the CPUE-abundance relationship for the tropical purse seine fisheries - Fonteneau, A., D. Gaertner, V. Nordström
- SCRS/98/39 Assessing tuna stocks that support surface fisheries in the SPC region - Ocean Fisheries Programme, SPC

Reference documents / Documents de référence / Documentos de referencia :

- Ariz, J. *et al.* Logs and tunas in the eastern tropical Atlantic : a review of present knowledge and uncertainties. Paper presented at the WG in San Diego, 1992.
- Gaertner, D. *et al.* Spatial changes in the purse-seiners activities in the eastern Atlantic Ocean from 1991 to 1995. SCRS/97/101.
- Hallier, J.P., T. Diouf. Statistiques de la pêche thonière FIS durant la période 1969 à 1996. SCRS/97/98.
- Marsac, F. Les radars à oiseaux : quels effets en attendre sur l'amélioration des rendements des thoniers ?
- Pallarés, P., Ch. Petit. Túnidos tropicales : nueva estrategia de muestreo y tratamiento de datos para estimar la composición específica de las capturas y sus distribuciones de tallas. SCRS/97/28.
- Rosa, A.L. de, O. Maury. Analyse spatio-temporelle des relations thons-environnement : utilisation des données OPA et des outils d'analyse SIG et GAM. SCRS/97/85.
- Watters, G, R. DeRiso. Some thoughts on using regression trees to study CPUE data. IATTC Working Doc. 98/1/G.

Table 1. Factors affecting fishing power and catchability

Factor / year	70	...	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	Influences :
Plane, helicopter	? S,F=													S	F----	F									Encounter rate
Birds radar															S, F = 30 kw	S --	F = 60 kw								Encounter rate
Vessel 's speed	S, F=																								Encounter rate
Sonar									S, F ----																Encounter rate
Satellite imagery, fax			F -----						?								?								Encounter rate
Logs-radio beacon																		S =====	F =====						Encounter rate
Logs-argos																							?	=	Encounter rate
Logs-echosounder																							?	F ==	Encounter rate
Log-supply ships																									Encounter rate
Seamounts-supplies									?	S =====															Encounter rate
Bait-supplies	, =====																								
Purse seine depth, etc.	, =====																								% unsucc. set, % school escapment
Stronger winches, etc	, =====																								% unsucc. set, % school escap., set time
Spanish ring system			S =====							F =====					F =====										Set time
Age of vessels	, =====																								Variance fishing power
Skipper's experience	, =====																								Encounter rate, % unsucc. set ?
Fishing modes, strategies	,+ - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + , =====																								% unsuc. set, catch / set, sp. & size comp.
Market prices	,+ - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + -																								species & size composition
Thermocli. depth anomaly																									
Other environmental fact.	,+ - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + -																								vulnerability (encount. rate, % unsuc. set)
Size of the fishing area	,+++++-----																								accessible biomass
Patch effect	,+ - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + -																								local biomass, local pue
Vessel's competition	,+ - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + - + -																								local biomass, local pue

+++++++ Showing increasing trend

- - - - - Showing decreasing trend

+ - + - + Showing no trend but fluctuating.

S = Spanish purse seiners; F = French purse seiners

— Fully applied

Partially applied

Table 2. Change in net handling time of tropical eastern Atlantic purse seiners.

Country	Year	Successful sets (min.)	Unsuccessful sets (min.)
Spain	1981	$Y = 107.027 + 1.449 X$	91
France	1981	$Y = 162.443 + 1.807 X$	130
Spain	1987	$Y = 100.062 + 1.478 X$	90
France	1987	$Y = 120.302 + 1.314 X$	108
Spain	1995	$Y = 127.984 + 0.478 X$	95
France	1995	$Y = 129.837 + 0.436 X$	103

Set time (mn) = $a + b * X$ (=Catch per set (t))

Table 3. Numbers of vessels in the eastern Atlantic tropical tuna purse seine fishery (data were available for all vessels).

Frequency	France	Spain	Other	Total
1981	34	44	7	85
1982	37	47	7	91
1983	33	53	5	91
1984	24	47	7	78
1985	11	45	13	69
1986	11	41	9	61
1987	10	37	7	54
1988	12	38	5	55
1989	11	35	6	52
1990	22	38	13	73
1991	22	40	13	75
1992	17	37	12	66
1993	18	32	17	67
1994	18	31	15	64
1995	19	26	15	60
1996	16	24	7	47

Table 4. Number of observations (year, half-month, 10 x 10 area, and vessel) by year and nation.

Frequency	France	Spain	Others	Total
1981	6083	5972	762	12817
1982	5856	6294	840	12990
1983	5815	7336	542	13693
1984	1598	5943	476	8017
1985	1256	6018	961	8235
1986	1199	5142	932	7273
1987	1695	5604	925	8224
1988	1666	5642	869	8177
1989	2061	5131	897	8089
1990	3089	5451	1605	10145
1991	3464	5632	1662	10758
1992	3311	5795	1815	10921
1993	3367	4739	2269	10375
1994	3560	5159	2180	10899
1995	3086	4957	2191	10234
1996	3357	4505	947	8809

Table 5. Number of observations (year, half month, 10 x 10 area, and vessel) by year and vessel size category.

Frequency	200-399	400-599	600-799	800-1199	1200+	Total
	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
1981	593	3832	6695	1697	0	12817
1982	601	3680	7149	1560	0	12990
1983	576	3517	6878	2722	0	13693
1984	254	2415	3236	2112	0	8017
1985	201	2763	3179	2092	0	8235
1986	80	2251	2675	2267	0	7273
1987	73	2723	3070	2358	0	8224
1988	0	3082	2871	2224	0	8177
1989	28	3398	2789	1874	0	8089
1990	0	4231	3524	2390	0	10145
1991	0	3474	3847	3245	192	10758
1992	0	3475	3449	3830	167	10921
1993	0	3322	3530	3446	77	10375
1994	0	3572	3642	3645	40	10899
1995	0	3225	3506	3503	0	10234
1996	0	3510	3170	2114	15	8809

Table 6. Number of observations (year, half month, 10 x 10 area, and vessel) by year and month.

Frequency	M O N T H S												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1981	1212	1025	1024	952	1061	973	1064	1068	1031	1040	1163	1204	12817
1982	1256	1066	1316	998	1025	934	996	919	1040	1150	1138	1152	12990
1983	1459	1266	1371	1218	1021	1060	1169	1049	1137	1103	956	884	13693
1984	831	935	975	813	610	602	678	583	536	485	510	459	8017
1985	514	664	715	754	682	762	835	705	601	654	666	683	8235
1986	615	598	651	569	453	687	564	536	571	646	692	691	7273
1987	919	853	732	770	588	634	579	571	641	688	552	697	8224
1988	852	818	751	705	763	684	532	576	556	598	622	720	8177
1989	758	724	743	706	633	550	556	576	640	735	682	786	8089
1990	902	814	898	885	808	805	861	735	714	913	872	938	10145
1991	976	1002	1113	962	897	746	806	924	750	912	845	825	10758
1992	983	1131	1173	1002	680	672	868	810	857	891	952	902	10921
1993	954	971	933	855	927	719	872	862	709	735	866	972	10375
1994	1067	998	1048	966	951	835	895	733	805	840	823	938	10899
1995	930	779	906	947	798	849	831	635	718	933	927	981	10234
1996	873	816	867	779	829	675	725	677	621	772	674	501	8809

Table 7. Number of observations (year, half month, 10 x 10 area, and vessel) by year and numbers of sets (positive plus null).

Frequency	0	1	2	3	4	5	6+	Total
1981	7099	2680	1076	608	431	223	700	12817
1982	7252	2783	1077	698	384	232	564	12990
1983	8021	2786	1041	684	403	240	518	13693
1984	4488	1554	681	393	257	165	479	8017
1985	4775	1456	601	444	264	163	532	8235
1986	3941	1400	604	438	258	177	455	7273
1987	4655	1613	675	451	257	171	402	8224
1988	4447	1688	699	429	246	164	504	8177
1989	4582	1669	687	423	221	151	356	8089
1990	5867	2175	843	466	267	195	332	10145
1991	5892	2737	1056	487	231	149	206	10758
1992	6551	2667	954	336	180	87	146	10921
1993	5704	2685	979	438	228	125	216	10375
1994	6174	2748	1009	430	210	118	210	10899
1995	5500	2724	1017	396	228	120	249	10234
1996	4842	2323	832	378	179	92	163	8809

Table 8. Summary of results from the GENMOD model of free school sets per hour searching;
(a) 1991-96.

Model Information

Description	Value
Data Set	WORK.ANALYSIS
Distribution	POISSON
Link Function	LOG
Dependent Variable	SETS
Offset Variable	LNSEARCH
Observations Used	37436

Class Level Information

Class	Levels	Values
FISHYR	6	1991 1992 1993 1994 1995 1996
QUARTER	4	1 2 3 4
VESSLCAT	3	5 6 7
AREA	3	NE Equator PICCOLO S Equator

Parameter Information

Parameter	Effect	FISHYR	QUARTER	VESSLCAT	AREA
PRM1	INTERCEPT				
PRM2	FISHYR	1991			
PRM3	FISHYR	1992			
PRM4	FISHYR	1993			
PRM5	FISHYR	1994			
PRM6	FISHYR	1995			
PRM7	FISHYR	1996			
PRM8	QUARTER		1		
PRM9	QUARTER		2		
PRM10	QUARTER		3		
PRM11	QUARTER		4		
PRM12	VESSLCAT			5	
PRM13	VESSLCAT			6	
PRM14	VESSLCAT			7	
PRM15	AREA				NE Equator
PRM16	AREA				PICCOLO
PRM17	AREA				S Equator

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	37E3	41604.9319	1.1117
Scaled Deviance	37E3	37423.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	37E3	66440.9237	1.7754
Scaled Pearson X2	37E3	59762.5948	1.5969
Log Likelihood	.	-21184.7995	.

Analysis Of Parameter Estimates

Parameter		DF	Estimate	Std Err	ChiSquare	Pr>Chi
INTERCEPT		1	-3.9571	0.0351	12688.3609	0.0001
FISHYR	1991	1	0.1193	0.0314	14.4206	0.0001
FISHYR	1992	1	-0.1128	0.0326	11.9989	0.0005
FISHYR	1993	1	0.1708	0.0322	28.2077	0.0001
FISHYR	1994	1	-0.0086	0.0325	0.0702	0.7910
FISHYR	1995	1	0.1232	0.0325	14.3820	0.0001
FISHYR	1996	0	0.0000	0.0000	.	.
QUARTER	1	1	0.8327	0.0244	1164.4477	0.0001
QUARTER	2	1	0.3505	0.0318	121.6487	0.0001
QUARTER	3	1	0.4965	0.0321	239.8465	0.0001
QUARTER	4	0	0.0000	0.0000	.	.
VESSLCAT	5	1	-0.0689	0.0222	9.6552	0.0019
VESSLCAT	6	1	-0.1273	0.0220	33.5052	0.0001
VESSLCAT	7	0	0.0000	0.0000	.	.
AREA	NE Equator	1	-0.3951	0.0241	268.5573	0.0001
AREA	PICCOLO	1	-0.0912	0.0225	16.4672	0.0001
AREA	S Equator	0	0.0000	0.0000	.	.
SCALE		0	1.0544	0.0000	.	.

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

LR Statistics For Type 3 Analysis

			Source	NDF	DDF	F	Pr>F
ChiSquare	Pr>Chi						
FISHYR	5	37E3	25.2202	0.0001	126.1010	0.0001	
QUARTER	3	37E3	453.4881	0.0001	1360.4642	0.0001	
VESSLCAT	2	37E3	16.6946	0.0001	33.3892	0.0001	
AREA	2	37E3	142.1973	0.0001	284.3947	0.0001	

Analysis Variable : RESDEV Resdev

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
37436	-0.3423443	0.9970900	-2.3631480	8.7275956

Table 8 cont. Summary of results from the GENMOD model of free school sets per hour searching;
(b) 1981-90.

Model Information

Description	Value
Data Set	WORK.ANALYSIS
Distribution	POISSON
Link Function	LOG
Dependent Variable	SETS
Offset Variable	LNSEARCH
Observations Used	54004

Class Level Information

Class	Levels	Values
FISHYR	10	1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990
NATION	2	8 21
QUARTER	4	1 2 3 4
VESSLCAT	3	5 6 7
AREA	3	NE Equator PICCOLO S Equator

Parameter Information

Effect	FISHYR	NATION	QUARTER	VESSLCAT	AREA
PRM1	INTERCEPT				
PRM2	FISHYR	1981			
PRM3	FISHYR	1982			
PRM4	FISHYR	1983			
PRM5	FISHYR	1984			
PRM6	FISHYR	1985			
PRM7	FISHYR	1986			
PRM8	FISHYR	1987			
PRM9	FISHYR	1988			
PRM10	FISHYR	1989			
PRM11	FISHYR	1990			
PRM12	NATION	8			
PRM13	NATION	21			
PRM14	QUARTER		1		
PRM15	QUARTER		2		
PRM16	QUARTER		3		
PRM17	QUARTER		4		
PRM18	VESSLCAT			5	
PRM19	VESSLCAT			6	
PRM20	VESSLCAT			7	
PRM21	AREA				NE Equator
PRM22	AREA				PICCOLO
PRM23	AREA				S Equator

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	54E3	97855.0461	1.8126
Scaled Deviance	54E3	53986.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	54E3	127754.9080	2.3664
Scaled Pearson X2	54E3	70481.5616	1.3056
Log Likelihood	.	-22637.3852	.

Analysis Of Parameter Estimates

Parameter	DF	Estimate	Std Err	ChiSquare	Pr>Chi
INTERCEPT	1	-2.5915	0.0243	11378.4980	0.0001
FISHYR 1981	1	-0.0705	0.0245	8.2725	0.0040
FISHYR 1982	1	-0.2344	0.0259	81.9641	0.0001
FISHYR 1983	1	-0.1956	0.0245	63.6677	0.0001
FISHYR 1984	1	-0.2241	0.0283	62.8904	0.0001
FISHYR 1985	1	-0.0239	0.0281	0.7241	0.3948
FISHYR 1986	1	0.0802	0.0272	8.6823	0.0032
FISHYR 1987	1	0.0099	0.0265	0.1397	0.7086
FISHYR 1988	1	0.0631	0.0269	5.5194	0.0188
FISHYR 1989	1	-0.0078	0.0266	0.0857	0.7697

FISHYR	1990	0	0.0000	0.0000	.	.
NATION	8	1	0.0471	0.0146	10.4138	0.0013
NATION	21	0	0.0000	0.0000	.	.
QUARTER	1	1	0.2404	0.0142	286.7411	0.0001
QUARTER	2	1	-0.2134	0.0218	96.1185	0.0001
QUARTER	3	1	-0.1915	0.0233	67.4085	0.0001
QUARTER	4	0	0.0000	0.0000	.	.
VESSLCAT	5	1	-0.2431	0.0180	183.3059	0.0001
VESSLCAT	6	1	-0.2060	0.0159	167.0445	0.0001
VESSLCAT	7	0	0.0000	0.0000	.	.
AREA	NE Equator	1	-0.1676	0.0161	107.8587	0.0001
AREA	PICCOLO	1	0.2284	0.0148	238.4149	0.0001
AREA	S Equator	0	0.0000	0.0000	.	.
SCALE		0	1.3463	0.0000	.	.

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

LR Statistics For Type 3 Analysis						
Source	NDF	DDF	F	Pr>F	ChiSquare	Pr>Chi
FISHYR	9	54E3	36.2969	0.0001	326.6720	0.0001
NATION	1	54E3	10.3893	0.0013	10.3893	0.0013
QUARTER	3	54E3	263.8891	0.0001	791.6674	0.0001
VESSLCAT	2	54E3	103.5868	0.0001	207.1735	0.0001
AREA	2	54E3	286.0387	0.0001	572.0774	0.0001

Analysis Variable : RESDEV Resdev

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
54004	-0.3651960	1.2956308	-3.7221119	9.3552482

Table 9. Summary of results from the GENMOD model of large yellowfin catch per set.

Model Information						
Description		Value				
Data Set		WORK.PSCECAT1				
Distribution		POISSON				
Link Function		LOG				
Dependent Variable		CATCH				
Offset Variable		POSSETS				
Observations Used		94684				
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
FISHYR	16	1981	1982	1983	1984	1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996
FORTNITE	24	1	2	3	4	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
NATION	2	8	21			
VESSLCAT	3	1	5	6		
AREA	3	NE Equator S Equator X PICCOLO				
Criteria For Assessing Goodness Of Fit						
Criterion	DF	Value		Value/DF		
Deviance	95E3	103629821.06		1095.0012		
Scaled Deviance	95E3	94639.0000		1.0000		
Pearson Chi-Square	95E3	2.2059875E15		23309497155		
Scaled Pearson X2	95E3	2.0145982E12		21287188.174		
Log Likelihood	.	-14655.2829		.		
Analysis Of Parameter Estimates						
Parameter	DF	Estimate	Std Err	ChiSquare	Pr>Chi	
INTERCEPT	1	-7.2397	0.1363	2821.5966	0.0001	
FISHYR 1981	1	-9.3343	0.1124	6901.2874	0.0001	
FISHYR 1982	1	-2.7619	0.1251	487.5455	0.0001	
FISHYR 1983	1	-0.4584	0.1240	13.6743	0.0002	
FISHYR 1984	1	-7.7490	0.1788	1877.9573	0.0001	
FISHYR 1985	1	-3.9823	0.1253	1010.5304	0.0001	
FISHYR 1986	1	-6.7765	0.1173	3336.7993	0.0001	
FISHYR 1987	1	-1.5583	0.1390	125.6912	0.0001	
FISHYR 1988	1	-0.9410	0.1200	61.4977	0.0001	
FISHYR 1989	1	0.9375	0.0936	100.3672	0.0001	
FISHYR 1990	1	0.5862	0.1105	28.1601	0.0001	
FISHYR 1991	1	2.8996	0.1089	708.5242	0.0001	
FISHYR 1992	1	3.5458	0.1161	933.2675	0.0001	
FISHYR 1993	1	3.6513	0.1067	1171.1604	0.0001	
FISHYR 1994	1	0.8338	0.1348	38.2448	0.0001	
FISHYR 1995	1	3.5634	0.1128	997.2461	0.0001	

FISHYR	1996	0	0.0000	0.0000	.	.
FORTNITE	1	1	1.0783	0.1133	90.5189	0.0001
FORTNITE	2	1	-0.2545	0.1215	4.3863	0.0362
FORTNITE	3	1	0.8419	0.1323	40.4991	0.0001
FORTNITE	4	1	2.4038	0.1095	481.9541	0.0001
FORTNITE	5	1	0.9383	0.1041	81.2416	0.0001
FORTNITE	6	1	3.4937	0.1114	983.9281	0.0001
FORTNITE	7	1	4.4913	0.1116	1618.3367	0.0001
FORTNITE	8	1	0.4789	0.1522	9.8966	0.0017
FORTNITE	9	1	0.7853	0.2315	11.5050	0.0007
FORTNITE	10	1	3.7385	0.1914	381.5270	0.0001
FORTNITE	11	1	-5.5852	0.1937	831.4933	0.0001
FORTNITE	12	1	2.8304	0.2007	198.9687	0.0001
FORTNITE	13	1	4.6101	0.1535	901.6494	0.0001
FORTNITE	14	1	3.3356	0.1402	566.1609	0.0001
FORTNITE	15	1	2.6626	0.1521	306.2420	0.0001
FORTNITE	16	1	1.6636	0.1688	97.1148	0.0001
FORTNITE	17	1	3.4282	0.1450	559.2687	0.0001
FORTNITE	18	1	4.0487	0.1357	890.0467	0.0001
FORTNITE	19	1	3.5982	0.1303	762.9667	0.0001
FORTNITE	20	1	4.4435	0.1167	1450.3441	0.0001
FORTNITE	21	1	-4.0801	0.1540	701.8222	0.0001
FORTNITE	22	1	-4.9450	0.1607	946.5837	0.0001
FORTNITE	23	1	3.9091	0.1258	966.0743	0.0001
FORTNITE	24	0	0.0000	0.0000	.	.
NATION	8	1	0.1772	0.0461	14.7819	0.0001
NATION	21	0	0.0000	0.0000	.	.
VESSLCAT	1	1	-2.1598	0.0666	1051.5576	0.0001
VESSLCAT	5	1	0.3636	0.0485	56.1274	0.0001
VESSLCAT	6	0	0.0000	0.0000	.	.
AREA	NE Equator	1	1.0289	0.0727	200.2671	0.0001
AREA	S Equator	1	4.1783	0.0545	5886.1653	0.0001
AREA	X PICCOLO	0	0.0000	0.0000	.	.
CATYF1		1	-0.0000	0.0000	65.9305	0.0001
SCALE		0	33.0908	0.0000	.	.

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

LR Statistics For Type 3 Analysis

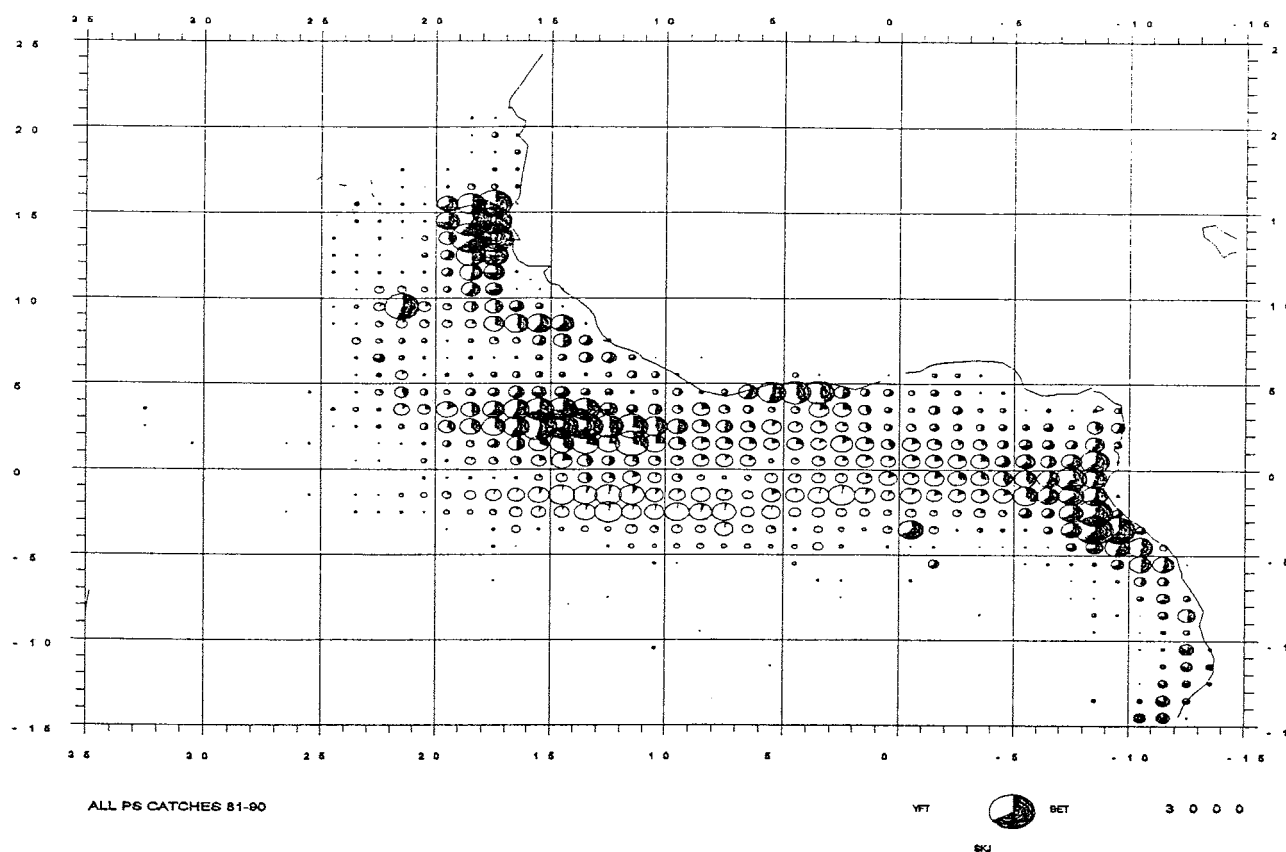
Source	NDF	DDF	F	Pr>F	ChiSquare	Pr>Chi
FISHYR	15	95E3	1845.0878	0.0001	27676.3172	0.0001
FORTNITE	23	95E3	534.5798	0.0001	12295.3357	0.0001
NATION	1	95E3	14.8790	0.0001	14.8790	0.0001
VESSLCAT	2	95E3	845.7580	0.0001	1691.5161	0.0001
AREA	2	95E3	2959.9005	0.0001	5919.8011	0.0001
CATYF1	1	95E3	67.2850	0.0001	67.2850	0.0001

Analysis Variable : RESDEV Resdev

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum

94684	9.1367102	31.7964151	-886.1880370	354.0646131

(a) 1981-90



(B) 1991 - 96

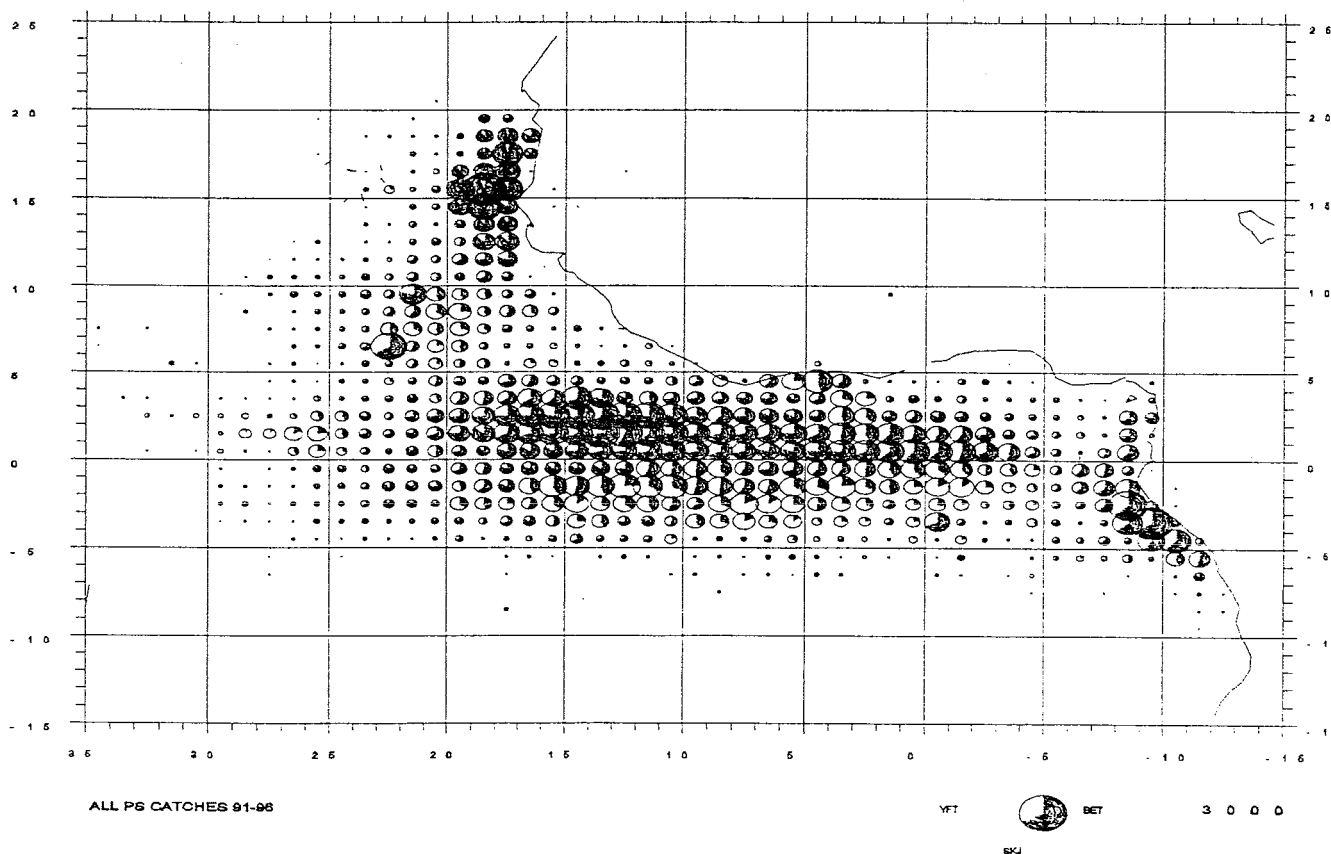
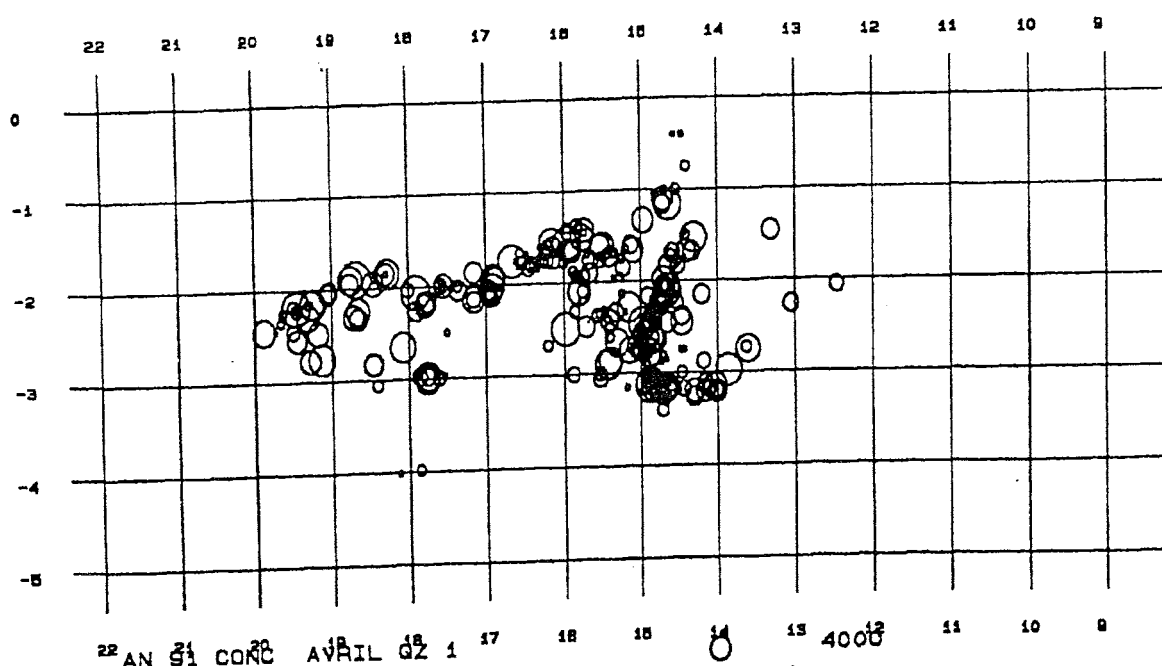


Fig. 1. Purse seine catches by area for (a) 1981-90 and (b) 1991 - 96.

A) Size and location of sets



B) Evolution of catch rates and fishing hours over time

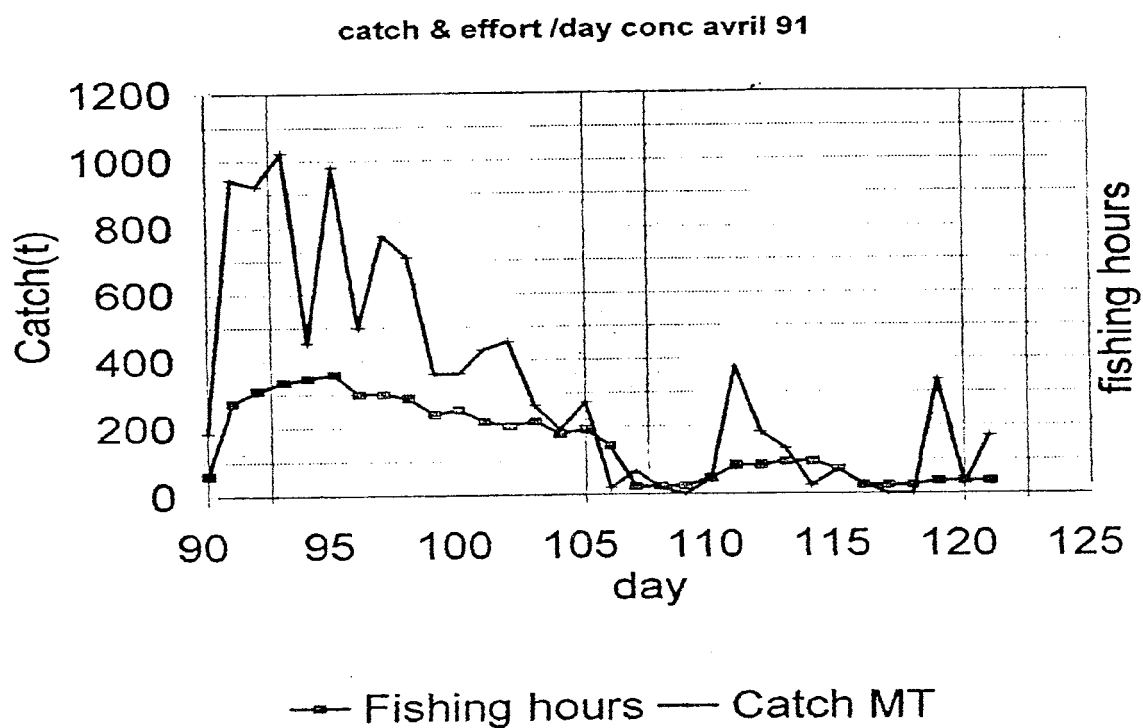
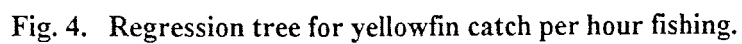
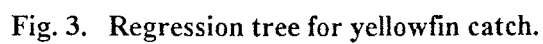


Fig. 2. Illustration of patch effects (A) the size and location of sets; (B) the evolution of catch rates and fishing hours over time.



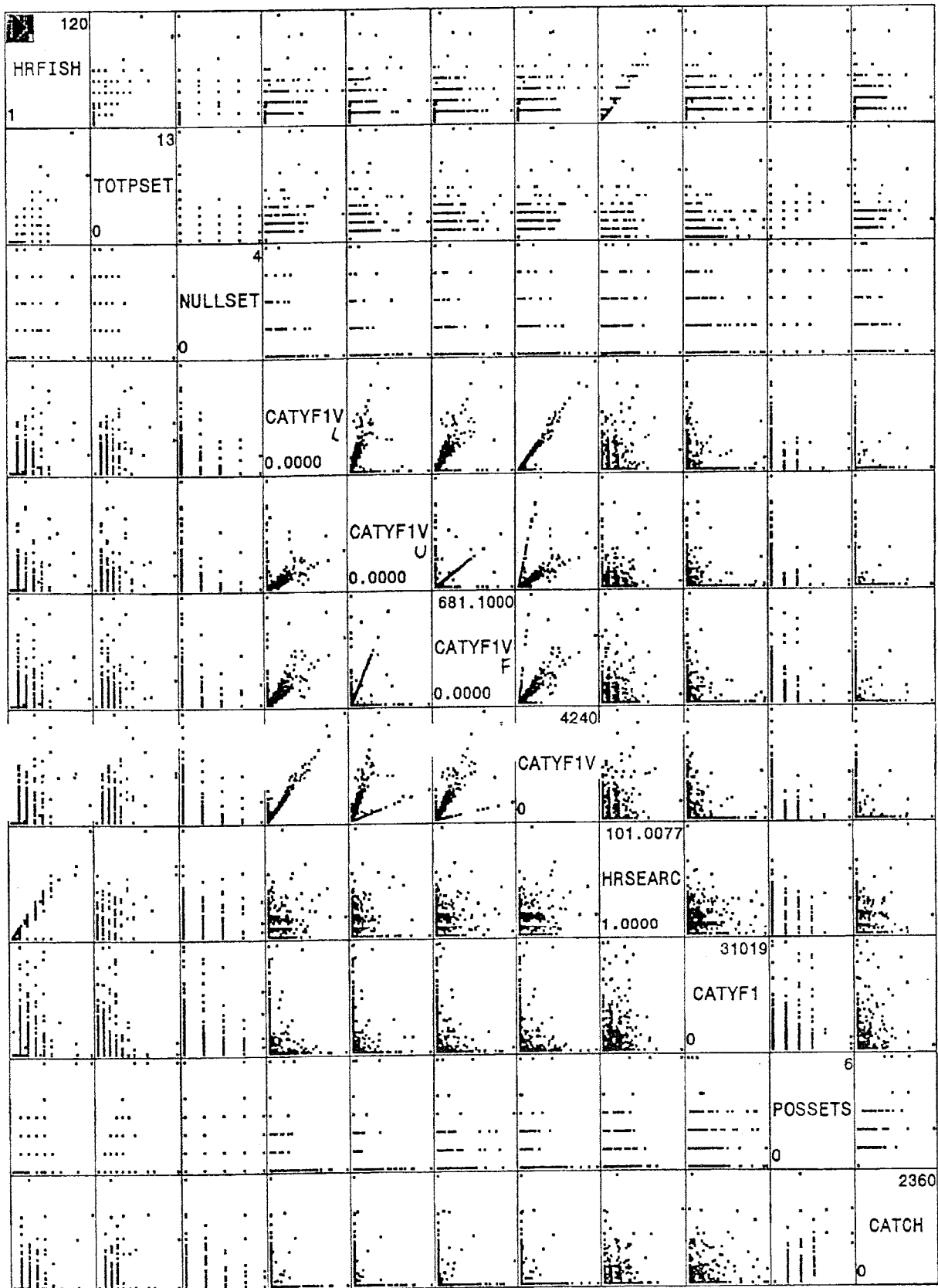


Fig. 5. Scatterplots of key variables.

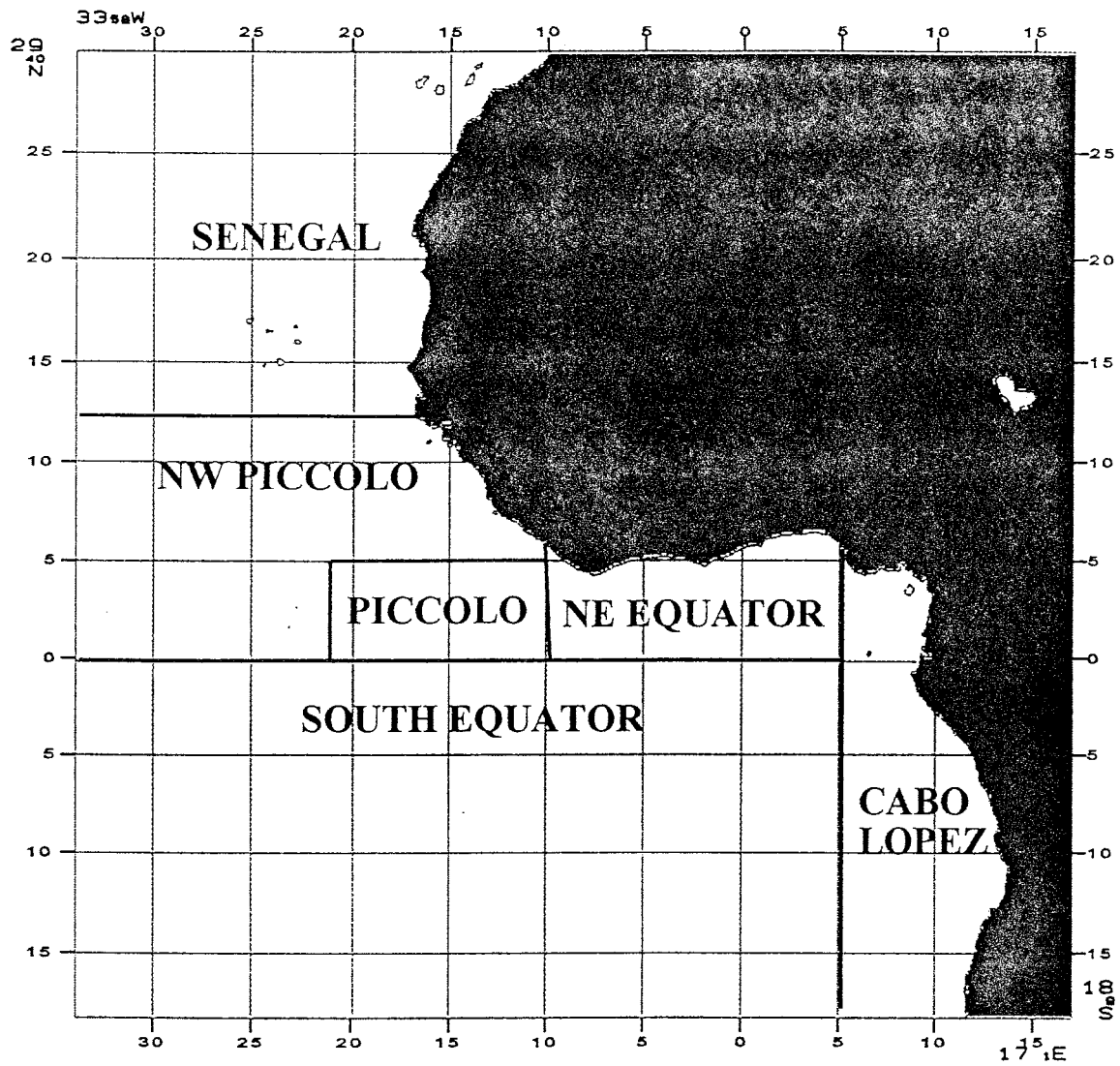


Fig. 6. Broad areas of the eastern tropical Atlantic in which the purse seine fleet operate.

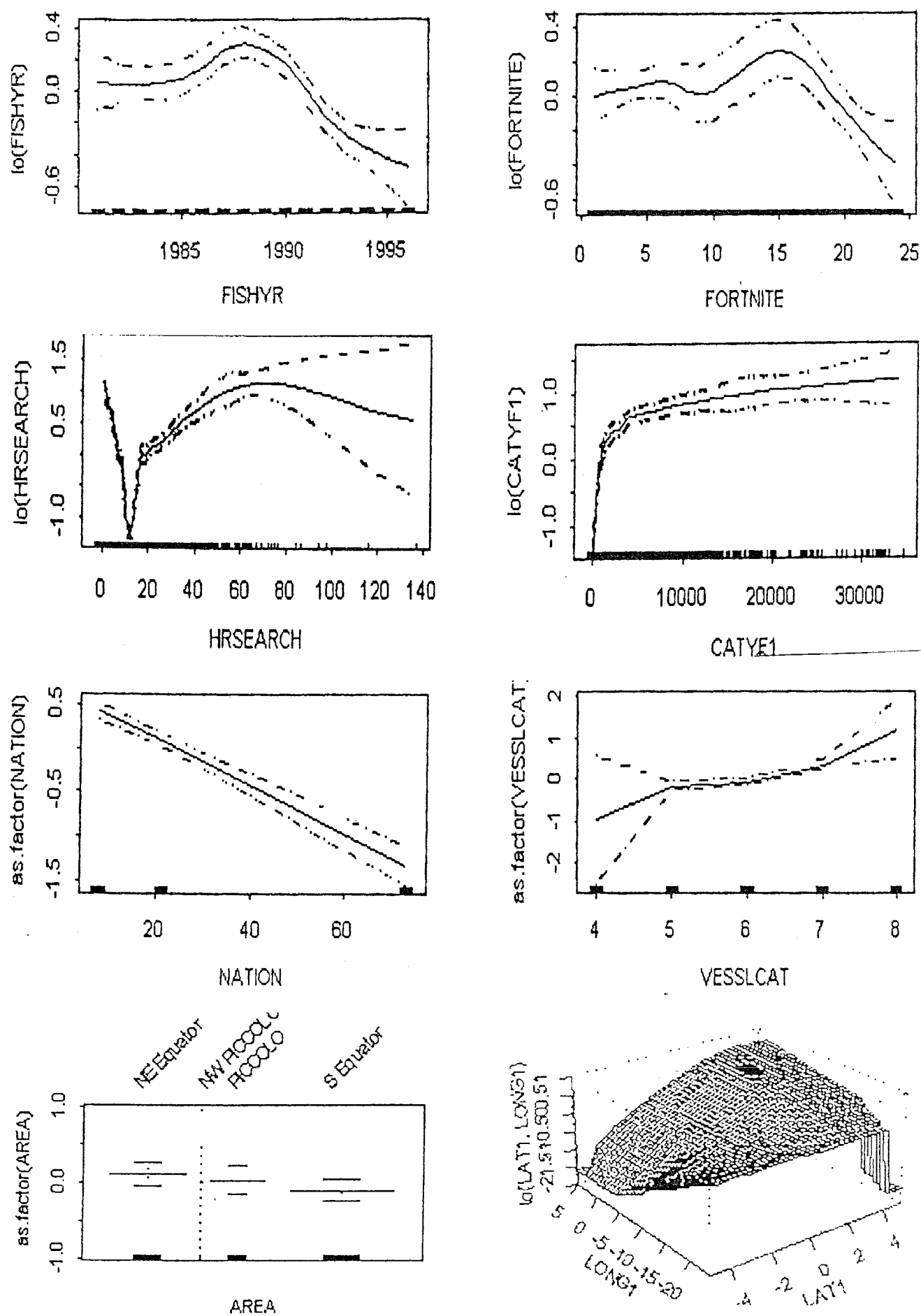
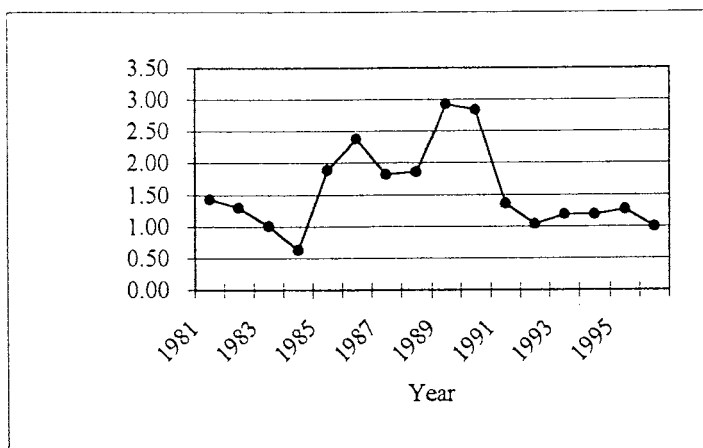


Fig. 7. Results of GAM analysis for yellowfin tuna.

Large yellowfin (>10kg), Analysis on Catch/Searching time

Annual average



Model Information

Description	Value
Data Set	WORK.INPUTDAT
Distribution	POISSON
Link Function	LOG
Dependent Variable	ICATCH
Offset Variable	LHRS
Observations Used	109287

Class Level Information

Class	Levels	Values
FISHYR	16	1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996
MONTH	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
LAT5	4	2.5 7.5 -2.5 -7.5
LONG5	7	2.5 7.5 -2.5 -7.5 -12.5 -17.5 -22.5
VESSLCAT	5	4 5 6 7 8
AREA	3	NE Equator PICCOLO S Equator

LR Statistics For Type 3 Analysis						
Source	NDF	DDF	F	Pr>F	ChiSquare	Pr>Chi
FISHYR	15	11E4	235.4540	0.0001	3531.8101	0.0001
MONTH	11	11E4	209.9288	0.0001	2309.2168	0.0001
LAT5	3	11E4	15.9845	0.0001	47.9534	0.0001
LONG5	6	11E4	57.0048	0.0001	342.0289	0.0001
VESSLCAT	4	11E4	450.0982	0.0001	1800.3926	0.0001
AREA	2	11E4	76.5191	0.0001	153.0381	0.0001
CATYF1	1	11E4	5815.4929	0.0001	5815.4929	0.0001
MONTH*AREA	22	11E4	28.8226	0.0001	634.0979	0.0001

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	11E4	28219249.511	258.3660
Scaled Deviance	11E4	109222.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	11E4	201454977.68	1844.4542
Scaled Pearson X2	11E4	779727.1704	7.1389
Log Likelihood	.	101999.9302	.

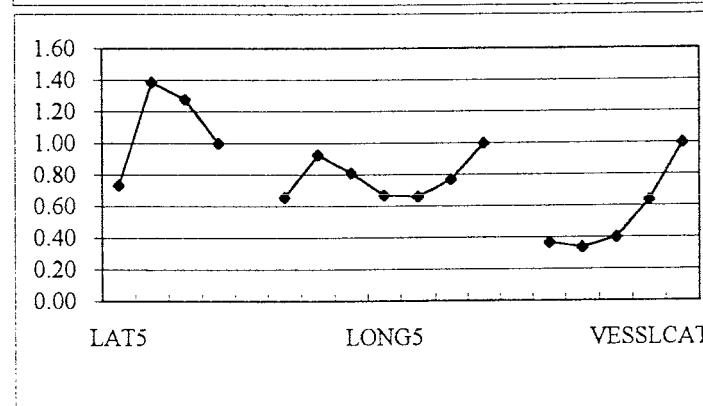
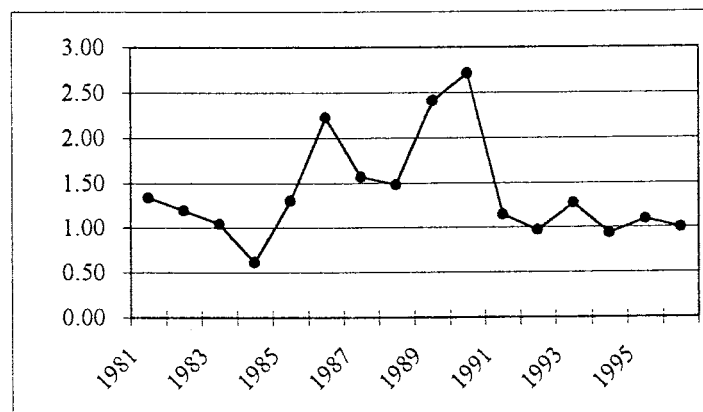


Fig. 8. Summary of results from the GENMOD model of catch per hour of searching, for large yellowfin by FIS and Spanish fleet.