

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. IX, No. 3

**THE CHAETOGNATHS OF THE WATERS
OF THE PERU REGION**

**LOS CHAETOGNATOS EN LAS AGUAS
DE LA REGION DEL PERU**

by — por
PAUL N. SUND

La Jolla, California
1964

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
SUMMARY.....	115
ACKNOWLEDGEMENTS.....	115
INTRODUCTION.....	116
MATERIALS.....	116
METHODS.....	117
ANALYSIS.....	118
HYDROGRAPHY.....	120
Currents.....	121
Water masses.....	122
EVALUATION OF CHAETOGNATHA AS INDICATOR TYPES.....	124
Species of type A.....	124
Species of type B.....	125
Species of type C.....	126
Unclassified species.....	127
DISTRIBUTION OF CHAETOGNATHA IN THE PERU REGION.....	127
FIGURES — FIGURAS.....	135
TABLES — TABLAS.....	162

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

	Página
RESUMEN.....	189
RECONOCIMIENTO.....	189
INTRODUCCION.....	190
MATERIAL.....	191
METODOS.....	192
ANALISIS.....	193
HIDROGRAFIA.....	195
Corrientes.....	196
Masas de agua.....	197
EVALUACION DE LOS CHAETOGNATOS COMO TIPOS INDICADORES.....	199
Especies del tipo A.....	199
Especies del tipo B.....	200
Especies del tipo C.....	201
Especies no clasificadas.....	202
DISTRIBUCION DE LOS CHAETOGNATOS EN LA REGION DEL PERU.....	202
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA.....	211

THE CHAETOGNATHS OF THE WATERS OF THE PERU REGION

by

Paul N. Sund

SUMMARY

A study has been made of the distributions of the 28 species of Chaetognatha in the waters off Peru and southern Ecuador, based primarily on data from oceanographic surveys carried out between 1958 and 1961 by the Inter-American Tropical Tuna Commission, Scripps Institution of Oceanography, and the Institute of Marine Resources Research and Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru. Data from expeditions previous to 1958 also were used to aid in the interpretation of these materials.

Six species, *Sagitta bedoti*, *S. ferox*, *S. neglecta*, *S. peruviana*, *S. pulchra* and *S. regularis* were shown to be useful as indicators of horizontal movements of near-surface water masses. These species show the effect of either a southwardly advection along the coast primarily of Equatorial Surface Water, or of onshore advection of waters normally offshore, but perhaps somewhat to the north of Peru. The 1957-58 El Niño is considered to be the result of conditions leading to an intensification of the Peru Countercurrent. Lesser extensions of this current, and also variations of onshore advection from the west and perhaps the north, are reflected in the chaetognath distributions.

Another group of species, including *S. maxima*, *S. minima*, *S. hexaptera*, *S. decipiens*, *Krohnitta subtilis*, *Eukrohnitta fowleri* and *E. hamata*, normally inhabit subsurface waters of intermediate depths. These are shown to be useful in identifying locations of upwelling. Two general areas that consistently show the presence of upwelled water are the Punta Paracas and Cape Blanco-Punta Aguja regions.

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish particularly to thank Prof. M. B. Schaefer and Dr. Karl Banse for their support and guidance, which were generously offered throughout these investigations. Messrs. C. L. Peterson, E. B. Bennett, G. V. Howard and Dr. Wyrski provided valuable criticism of the manuscript. Dr. M. Gilmartin, Mrs. S. Hester, Mrs. S. Egan, Mrs. L. Dupart, Mrs. D. Minton, Miss A. Williams, Miss B. Parker, Miss J. Cooley, and Mrs. L. Sund are offered my gratitude for their assistance in assembling various sections of this report. Thanks are also due to Dr. Z. Popovici and the staff of the

Institute of Marine Resources Research, Peru for making available the *Bondy* samples and associated data. The aid and comradeship of the numerous personnel of the ships, and also that of my sea-going colleagues, is deeply appreciated.

INTRODUCTION

The purpose of this investigation was to determine the chaetognath species useful as biological indicators of water masses in the Peru region, and to define the probable source of El Niño water and sites of upwelling by comparing the distributions of these species with the hydrographic regime of the region.

The Peru region is here defined arbitrarily as that ocean area extending westward from the American continent to 95°W longitude, between 23°S latitude and the equator. The region is outlined in Figure 1, which also shows positions of the plankton stations from which chaetognath data have been used. Information concerning waters outside of the defined area is used when pertinent to the discussions. El Niño and upwelling are defined and discussed elsewhere in this paper.

The use of zooplankton species as biological indicators has been of interest primarily due to the papers of F. S. Russell published during the years 1932-1939. The concept of indicator organisms was not new at that time; as early as 1883, Agassiz noted the association of certain plankters with the Gulf Stream. Bigelow (1926) was probably the first to suggest the possible use of Chaetognatha as indicator organisms. Since then, Meek (1928), Pierce and Orton (1939), Thomson (1947), Fraser (1952), Furnestin (1953), Pierce (1953), Bieri (1959), Tokioka (1959) and Pierce and Wass (1962) have described instances where Chaetognatha seem to be useful in defining water masses and their movements.

Relations of marine organisms to a particular water mass were first demonstrated by means of the T-S diagram by Pickford (1946, 1952). Since the publication of Pickford's studies, Haffner (1952), David (1959), Bary (1959), and Sund (1961) have had some degree of success with similar treatments.

This study employs methods similar to those of Sund (1961), but it is of extended scope. The relationships between the distributions of Chaetognatha and the distributions of certain physico-chemical features of the waters of the Peru region are considered to identify those species of chaetognaths potentially useful as biological indicators of water masses. The species found to be of promising indicator value then are used to interpret and identify possible sources of El Niño water and sites of upwelling.

MATERIALS

The plankton considered here was collected during 15 cruises in the Peru region. The stations occupied during these cruises, associated ob-

served data, and the chaetognath species present are listed in Table 1 of the Appendix.

1) *From Inter-American Tropical Tuna Commission and Scripps Institution of Oceanography*

STEP-I expedition, 15 September to 14 December 1960, provided approximately 270 zooplankton samples with complementary physico-chemical data. The STEP-I physical and chemical data and preliminary biological data have been reported by Wooster (1961) and Forsbergh (1961), respectively.

DOWNWIND expedition, 21 October to 28 February 1958, occupied a small number of stations in the Peru region (SIO. 1958). These provided zooplankton and ancillary hydrographic data useful to the present investigation.

2) *From Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru and Instituto de Investigaciones de los Recursos Marinos:*

The staff of these two organizations have made quarterly cruises aboard B. A. P. *Bondy* each year since 1958, alternating between the northern and southern sectors of the Peru coast, within about 60 miles of the shore. Roughly 600 zooplankton samples from 11 cruises were made available for this study. The samples were taken from $\frac{1}{2}$ -m nets towed horizontally within the surface layer, and were usually accompanied by temperature and salinity observations.

3) *From other sources:*

Certain of the data contained in Bieri's papers of 1957 and 1959 were found to be pertinent to this study. Free use was made of these, along with materials from SHELLBACK expedition found in the appendix to his doctoral dissertation (1957). Dr. T. E. Bowman of the U. S. National Museum provided data concerning the plankton samples collected by Milton J. Lobell during the U. S. Fisheries Mission to Peru, 1941, to which Bieri refers in his 1957 paper.

METHODS

The plankton net routinely used on SHELLBACK and DOWNWIND expeditions has been described by Ahlstrom (1948). It is conical, 5 m in length, and 1 m in diameter at the mouth. The netting material used was usually number 30 heavy-duty grit gauze, approximately 0.5 mm between threads. Equivalent nylon material sometimes was substituted.

The net towing procedure for these Scripps oceanic expeditions was as follows: The tow was oblique. The net was lowered to the desired depth (usually 300-400 m) while the vessel moved ahead at a speed of 1.5-2.0 knots. The ship's speed was regulated throughout the time the net was in the water to maintain a wire angle as near as possible to 45 degrees. After

reaching the desired depth, the net was retrieved. Hauling time varied between 20 and 40 minutes, so that each sample contained units of the plankton population integrated over distances of approximately 0.5-1.0 mile. The maximum depth reached by the net was estimated from the angle of the wire, assuming a straight wire to the net. Ahlstrom (1948) found that depths estimated by this method deviated little from those measured by a pressure bellows recording device.

A flow meter was mounted in the center of the mouth opening of the net to provide a means of estimating the volume of water filtered by the net. The meter was calibrated before and after each cruise to establish the relationship between the number of revolutions of the impeller and the time and distance towed. The volume of water strained by the net was assumed to be approximately equal to that of a column of water with an area of 0.785 square m (the cross-sectional area of the mouth of the net) and a length equal to the distance towed. Counts of species were standardized to the number in 1000 m³ of water strained.

At each of 87 biological stations occupied during STEP-I expedition, a series of zooplankton hauls at several depths was made using enlarged Clark-Bumpus samplers (Paquette, *et al*, 1961). A hydrographic cast and other observations were made at these stations also. The mesh size of the samplers was 0.5 mm. Routinely, three Clarke-Bumpus samplers were positioned above, in, and below the thermocline at depths determined by inspection of a bathythermogram taken at the station. The samplers were opened at depth, towed horizontally for 30 minutes, closed and brought to the surface. At some stations two consecutive tows were made, thereby sampling six depths. The towing depths were estimated from the wire angle, assuming a straight wire. Flow meters were installed in each device to measure the volume of water strained. Species counts were again standardized to the number present in 1000 m³ of water strained.

The zooplankton hauls made on the eleven *Bondy* cruises were taken by towing the nets horizontally within the upper 10-20 m of water. The mouth diameter of the nets was 0.5 m; length, 1.9 m; mesh size, 0.3 mm. Flow meters and wire angle indicators were not used; so the data were arbitrarily standardized to the number of a species present in a 15-minute tow.

The only information available concerning the 1941 samples collected by the U. S. Fisheries Mission to Peru is that a ½-m net made of bobbnet was used. The mesh size is not known. All of the tows were made at the surface and were of five minutes duration; consequently, the numbers of each species are listed on the basis of those present in a five-minute tow.

ANALYSIS

In the laboratory, the Chaetognatha were removed from the samples, identified to species, and counted. The relationship among the physical

variables of the environment and the distributions of the species were determined by graphical analysis of these data. Representative illustrations only of these plots are included in the present paper. Complete series are available in the files of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Methods of preparation are discussed in detail below.

The vertical aspects of temperatures, salinity, oxygen and species of Chaetognatha encountered at the STEP-I stations were revealed by plotting the observed values of these parameters against depth (Figure 2). In this figure, arrows at the margin indicate the depths at which plankton samples were taken. The number of each species captured (per 1000 m³) is shown by means of the keyed symbols. Small dots correspond to 1-49 individuals/1000 m³; intermediate size dots, 50-499/1000 m³; large dots, > 500/1000 m³.

To determine the potential of a species as an indicator of water, its occurrence and relative abundance were plotted on T-S diagrams (i.e. T-S-P diagrams of Bary, 1957, and T-S-species diagrams of Sund, 1961). In these figures (4 to 6) envelopes are included which indicate the measured extremes of the T-S relations of the water masses encountered in STEP-I expedition. (See Figure 3 for evaluation and identification of water masses by means of the T-S relation). T-S-species plots were made also from available *Bondy* data to aid in the interpretation of those data, in particular with regard to the temporal changes in the species distributions.

As noted by Sund (1961), a given species may be assigned to categories according to its potential indicator value. Species referred to as type A (Figure 4) are those inhabiting predominantly the surface waters. These are indicators useful in tracing horizontal movements of those water masses. Species designated type B (Figure 5) are those species most often found in subsurface strata, and consequently these are useful in interpreting the approximate depth from which a sample was taken, or as a potential aid in determining the location and perhaps the extent of vertical water movements (e.g. upwelling). These also are potentially useful in tracing horizontal motions of waters of a particular subsurface level. The third group of species in the area under consideration type C (Figure 6), are those of cosmopolitan distribution. These apparently have wide tolerance of the variables of the environment, and are of no use as indicators.

Tabulation of ranges of temperature, salinity, etc. over which the chaetognath species were found (Table 2, Appendix) in the waters sampled is of some, but limited, value. A more instructive means of representing these data is the use of a type of frequency diagram. Figure 7 illustrates this type of plot, and shows not only the maximum and minimum values of the variables over which the species occur, but also the presence or absence of "preferred" ranges of the properties.

With the above data at hand, one may endeavor to interpret a temporal and spatial data series such as that presented by the numerous *Bondy* ex-

peditions. Figures 8-19 illustrate the extent of the chaetognath indicator species distributions within the area sampled by these cruises for the years 1958-1961, and how these varied with time within the waters along the Peru coast. The cruises were numbered according to the year and month during which the expeditions started. The first two digits indicate the year, and the last two refer to the month (cruise 5802 started in February, 1958). The open and closed circles show the location of the stations occupied during the cruises. The numbers of species (per 15-minute tow) is shown by the various symbols. 1-49, vertical line; 50-499, horizontal line; > 500, crossed lines. In the discussions to follow, these data will be supported wherever possible by data from DOWNWIND, SHELLBACK, and the 1941 U. S. Fisheries Mission expeditions.

HYDROGRAPHY

The presence of upwelling, and the general areas of its occurrence have been established in the Peru region. Upwelling may be revealed indirectly by routinely observable indices (such as temperature, phosphate, oxygen) and the rates computed from the time rates of change of these parameters. On the other hand, El Niño is a complex phenomenon, the detection of which depends more on direct observation. The latter condition may be defined, in broad terms, as an anomalous occurrence involving a warm water incursion that is superimposed upon the normal Peru Current and upwelled coastal waters along the Peru Littoral and near-shore zones. When it does occur, it usually takes place soon after Christmas; hence the derivation of the name (the Christ Child). The occurrence of El Niño has been variously proposed to have a periodicity of one year (Schweigger, 1960), 7 years (Posner, 1954), 34 years (Murphy, 1926). However, Wooster (1960) and Sverdrup *et al* (1942, p. 705) state that there is no persistent temporal pattern to the occurrence of El Niño. Dates of the recorded major, and catastrophic, El Niños are 1891, 1925, 1939-41, and 1957-58.

Various sources of the warm El Niño waters have been proposed: 1) any intrusion to the south of the North Equatorial Countercurrent (Posner, 1957); *in situ* warming and/or warm water advection, either by a South Equatorial Countercurrent, or by an intermittent transequatorial thermohaline circulation east of the Galapagos Islands (Bjerknes, 1961); 3) a reversal of the Peru Current bringing warm equatorial water southward along the coast of Peru (Gunther, 1936); 4) Gulf of Panama waters flowing south as a result of a reversal of the normal trade wind pattern concurrent with high tides (Semple, 1931); and 5) a southward flow of the waters of the Gulf of Guayaquil (Schweigger, 1960).

Posner (1957) concluded that the 1953 El Niño was due to a southward movement of the North Equatorial Countercurrent, and probably of the water of the region off Central America as well. He hesitated to state

whether the water from these northern regions formed separate layers of the intruding warm-water wedge, one over the other, or became mixed as they moved southward over the Peru Current.

Bjerknes (1961) discussed several pertinent points based upon meteorological and oceanographic observations: 1) El Niño seems to be preceded by a wide-spread weakening of the trade winds of the North Pacific, so that thermocline depth could increase and surface temperatures could rise on the east side of the Pacific, north of the equator. 2) The normal springtime (local) transequatorial circulation east of the Galapagos can transport a greater volume of higher temperature water to the southern hemisphere in times of deeper thermocline. 3) Coriolis action tends to turn the transequatorial warm water supply toward the Peru coast. In times of weak southeast trades, this southward flow would not be opposed by wind motion.

All of the hypotheses arise from three basic possibilities: local warming; flow from the north; or an eastward flow from the offshore oceanic province. The present study considers the plausibility of these proposals.

The physical oceanographic characteristics of the region have been widely studied. Reviews have been presented by Caballero (1935), Gunther (1936), Sverdrup *et al* (1942), and Posner (1954). More recent contributions to the literature include those of Wooster and Jennings (1955), Schweigger (1960), Wooster (1961), and Wyrтки (1963).

Wyrтки (1963), using the geostrophic approximation together with Ekman wind transport and the equations of continuity, has analyzed the three-dimensional field of motion in the waters surveyed during STEP-I expedition. The following remarks are based largely on his interpretation of the water motion and water characteristics of the area. It should be noted that his study may apply only to the events at the time of STEP-I expedition, but the fact that the temperature regime at the time of STEP-I was similar to that of situations at similar periods in several years (Wooster, 1961) makes it seem reasonable that this description represents the general situation for the region.

Currents

The Peru Current is not a single current, but rather a complex system. An offshore branch of the Peru Current, known as the Peru Oceanic Current, flows to the northwest of approximately 82°W longitude. It turns westward, leaving the surveyed region south of 10°S.

The other branch of the Peru Current, the Peru Coastal Current, enters the region from the south between the coast and 78°W. Its strength diminishes northward, and it reaches only to about 10°S. The general motion of this current is to the north and onshore.

Between the Peru Oceanic Current and the Peru Coastal Current is a southward flowing countercurrent. At the sea surface, the Countercur-

rent may be masked by the Ekman current that is superimposed on it. Wyrтки notes that the surface isobars indicate that the water from the Peru Coastal Current passes through the Countercurrent into the Peru Oceanic Current. He further interprets this countercurrent as probably being a direct consequence of the deviation of the Peru Oceanic Current away from the coast to the northwest, the overall geostrophic conditions resulting in a southward flow between the two portions of the Peru Current. This countercurrent transports equatorial water to the south, and is undoubtedly subject to seasonal and/or year-to-year variations in strength.

In the areas between 8° and 5°S , the South Equatorial Countercurrent (Reid, 1959, 1961) is present. It apparently merely deflects surface water of the Peru Oceanic Current into another current flowing west between 5° and 3°S . An undercurrent which is present in the subsurface layers near the coast flows southward (Wooster and Gilmartin, 1961).

Water masses

Temperature-Salinity curves (Figure 3) were drawn for numerous STEP-I stations in order to define the water masses present. Curves of representative stations are noted in the figure; the positions of these stations are shown in Figure 1. The nomenclature for the water masses is that of Wyrтки (1963), and differs only slightly from that of Sverdrup *et al* (1942).

Antarctic intermediate water underlies the entire region at intermediate depth (600-900 m). This water, identified by a characteristic salinity minimum, has temperatures in the range of 5° - 6° , and salinity 34.3-34.6‰. The figure does not include data that show the presence of this water because no plankton samples were taken within its depth range.

Above the Antarctic Intermediate Water are two subsurface and two surface water masses. One of the latter is the Subtropical Surface Water, characterized by high salinity values (greater than 35‰) and temperatures between 17° and 20° . This water covers most of the region studied and dominates in the Peru Oceanic Current (e.g. station 61) and in the southern part of the Peru Coastal Current (e.g. station 33).

In the northern part of the Peru region and off Ecuador, Equatorial Surface Water of low salinity and high temperature is present. This is revealed by T-S curves such as that at station 83. The Equatorial Surface Water usually is found north of an oceanic front that is situated a little south of the equator, and it covers much of the eastern tropical Pacific. This water exists in a shallow layer (30 m or less) in the eastern equatorial area.

Below the shallow surface layer is water of about 35‰ salinity. This is a general feature in the northern part of the region, and these waters arise from mixing of the Subtropical Surface Water, Antarctic Intermediate Water, and Equatorial Surface Water (Wyrтки, personal com-

munication). The resultant water mass is referred to as Equatorial Subsurface Water. It is indicated by the nearly straight portion of the T-S curve (Figure 3) which runs from about $T = 17^{\circ}$, $S = 35.2\text{‰}$ to $T = 7^{\circ}$, $S = 34.6\text{‰}$. Near the equator this water is between 50 and 500 m deep, with only a thin layer of Equatorial Surface Water over it. Within this water an oxygen minimum is developed. Thus, the Subtropical Subsurface Water is characterized by a relatively high salinity, and an extremely low oxygen content.

In the Peru Coastal Current a subsurface salinity minimum is found near 100 m (e.g. station 53). This minimum is attributable to the northward spreading of Subantarctic Surface Water from the subtropical convergence, and Subtropical Surface Water of slightly higher salinity. The salinity minimum is found also underlying the Subtropical Surface Water in the Peru Oceanic Current and the Peru Countercurrent (stations 73 and 29 at depths of 200-300 m). Along the coast it penetrates to about 10°S . North of this the salinity minimum is absent, and the T-S curves follow a shape similar to that of stations 3 and 83.

With the northward spreading of the Subantarctic Water, a layer of Equatorial Subsurface Water remains underneath and a salinity maximum appears on top of this layer. This is seen in the T-S curve of stations 52, 53, 61, etc. This layer is characterized also by an oxygen minimum because of the low oxygen values present in the Equatorial Subsurface Water. Gunther (1936) and Wooster and Gilmartin (1961) have traced this salinity maximum and oxygen minimum as far south as 35°S .

The above discussion of the currents and water masses of the Peru region may be summarized as follows: In the Peru Coastal Current the inflow of Subantarctic Water from the south, with a thin layer of Subtropical Surface Water over it, is restricted to the upper 200 m. Below this depth a weak southward flow of Equatorial Subsurface Water normally occurs. This flow to the south is concentrated within the Peru Undercurrent near the coast and in the Peru Countercurrent farther offshore. Subantarctic Water penetrates with the Peru Coastal Current only to about 15°S .

In the Peru Oceanic Current, both Subtropical Surface Water and Subantarctic Water flow northward and turn to the west. Equatorial Subsurface Water is found in the lower portions of this current, but rapidly loses its characteristics with increased distance from the coast. It is carried into these lower portions of the Peru Oceanic Current by a southwest and westerly flow at depths between 300 and 700 m. Water entering the region at this level flows south and then turns west to leave the region between 15° and 20°S .

In the coastal area between approximately 6° and 14°S , the Equatorial Subsurface Water reaches the surface (for example, T-S curve station 7). This water resembles that present at station 83, except that the Equatorial

Surface Water is absent. This latter water is kept in the more northerly position by the prevailing south winds. However, the flow of the surface and subsurface water off Punta Aguja is to the south. Hence, the entire area between 5° and 15°S and up to 500 km seaward of the coast is filled with Equatorial Subsurface Water, which has upwelled along the coast. This upwelling brings water of comparatively high salinity to the surface, in contrast to the upwelling south of 15°S.

EVALUATION OF CHAETOGNATHA AS INDICATOR TYPES

Publications concerning the Chaetognatha from Peruvian waters are few. Bieri (1957) briefly reviewed the relevant literature and some of his more recent data (1959) are from the area. Portions of the samples investigated by Sund and Renner (1959) are also pertinent.

Analyses of the STEP-I data has enabled the various species of Chaetognatha to be categorized as to potential indicator types for the Peru region.

Species of type A:

Sagitta bedoti often has been recorded from tropical waters. The STEP-I specimens were found in warm waters of relatively low salinity, most commonly in near-surface levels (Figure 7). Most individuals inhabited the Equatorial Surface Water and Subtropical Surface Water, while a few penetrated into lower levels in the discontinuity layer and the Equatorial Subsurface Water. These data support the previous conclusions (Bieri, 1957; Sund and Renner, 1959; Sund, 1961), that *S. bedoti* is an inhabitant of tropical water in the Eastern Pacific Ocean (Figure 20).

Sagitta ferox ranged over the tropical portion of the northern Peru region (Figure 21) to a somewhat greater extent than did either *S. regularis* or *S. pulchra* (see below). It also was found at two stations on the southernmost line of the cruise track. These latter occurrences may be indicative of the extension of south equatorial waters from the offshore area in towards the continent. In the northern part of the region, at least, the presence of *S. ferox* probably indicates the presence of tropico-equatorial waters (Bieri, 1959; Sund and Renner, 1959). This species is most common to waters of surface character, but it is by no means restricted to that stratum.

Sagitta neglecta was located exclusively in equatorial and tropical waters (Figure 22). Although the STEP-I data are few, they fit in excellently with published records of the species distributional characteristics. *S. neglecta* is most often located in warm surface waters of low salinity. It sometimes penetrates to areas of other characteristics, but these are infrequent and likely to be indications of horizontal current variation.

Sagitta peruviana apparently is a neritic species. It abounds in the near-surface waters near the northern Peru coast (Figure 23), and extends in

lesser numbers a small distance offshore. A few individuals were found in subsurface samples. This species may prove to be indicative of tropical equatorial waters in the northeastern part of the Peru region, and may thereby be an indicator of the southward penetration of the Peru Counter-current.

Sagitta pulchra was present predominantly in Equatorial Surface Water and Equatorial Subsurface Water. The greatest numbers of this form occurred in the surface layer, where waters were warm, of low salinity, and well supplied with oxygen. The distribution of *S. pulchra* (Figure 24) is such that it should show southward-directed movement of the tropical waters in the northern part of the Peru region.

Sagitta regularis, during STEP-I, had a distribution similar to that of *S. pulchra* (Figure 25). At other times, however, the former species extended farther to the south and west than did *S. pulchra*. In view of the latter distribution being shown more frequently, the distribution of *S. regularis* is taken as one more closely resembling that of *S. ferox* and *K. pacifica*.

Species of type B:

Sagitta decipiens was most often present in samples taken below the surface layer. It was essentially absent from both the Equatorial Surface Water and Subtropical Surface Water. This species seems not to be affected by differences between the Subantarctic and Equatorial Subsurface Water masses.

Sagitta hexaptera was common to all water masses encountered in the Peru region. Within these waters, however, its distribution was most concentrated at intermediate depths. Few specimens were taken by hauls within the surface layer, and the abundance decreased with depth below the level of the pycnocline. It is thus possible that *S. hexaptera* could be an aid in identifying waters from mid depths.

Sagitta maxima, with one exception, was limited to waters below the pycnocline (Figure 4). This single near-surface occurrence took place at station 3, in the tropical region within the Equatorial Surface Water. Specimens were also present at greater depths at that station. The species occurred widely over the entire Peru region at moderate depths ($Z \geq 30$ m), and seems to be a reliable representative of waters normally located below the surface layer.

Sagitta minima was found in greatest number in samples taken from intermediate depths (20 to 250 m), i.e. in the vicinity of the pycnocline. Both the number of individuals and the frequency of occurrence diminished nearer to the surface and at greater depths. Few specimens were taken from the area of the Equatorial Surface Water surveyed by STEP-I. However, *S. minima* is not excluded from the tropical region, since it has been reported from cooler portions of those waters by Bieri (1957), and Sund (1961). It therefore seems reasonable that *S. minima*, as well as certain

species such as *S. hexaptera* can be used as indicators from intermediate depth strata.

Eukrohnia fowleri and *E. bamata* were found only in subsurface levels occupied by Subantarctic and Equatorial Subsurface Waters. These two species thus were confined to a cool, high-salinity, and relatively low-oxygen environment. Since neither species was encountered as shoal as the thermocline, they both may be concluded to be indicative of deeper strata of the water column.

Krohnitta subtilis usually was found in hauls taken within subsurface horizons where the water was characterized by low temperature, high salinity, and variable oxygen content. It was present in all water masses throughout the Peru region and therefore cannot be used as an indicator of horizontal water motion; but its occurrence predominantly in deeper strata may make it useful in noting vertical displacement.

Species of type C:

Sagitta bierii was present in all water masses. The only point of possible significance is that fewer specimens were found in samples from the Equatorial Surface Water than from the other water masses.

Sagitta bipunctata appeared only a few times in the STEP-I samples. More were found in the Equatorial Surface Water and Subtropical Surface Water, a few individuals being found in the deeper levels of the latter water mass. It is probable that *S. bipunctata* is predominantly a surface dweller of warm water areas of low salinity, but has some capacity to penetrate and survive in waters of moderate depth. Its occurrence in all water masses necessitates placing it in type C, but the low frequency makes its indicator value questionable.

Sagitta enflata occurred at almost every station sampled by STEP-I expedition. Its cosmopolitan nature has been noted elsewhere for most parts of the world ocean.

Sagitta pacifica was present in all water masses, and ranged from the surface to some of the greatest depths sampled. As in most of the Eastern Pacific Ocean, it is widely distributed in the Peru region also.

Krohnitta pacifica occurred at least twice in each of the four water masses sampled by STEP-I. Most often it occurred in near-surface levels, but its apparent wide tolerance of environmental variables make it unreliable as an indicator in the Peru region. However, Bieri (1957) postulates that it can show motions of the offshore south Pacific central waters eastward toward the coast in the central and southern portions of the Peru coast, or an abnormal penetration of equatorial water from the north (Figure 26). This possibility should be considered in interpreting other available data and during any future investigations in the area.

Pteurosagitta draco was present throughout most of the Peru region, and over almost the entire range of depths. It thus might be considered of no use as an indicator species off Peru.

Unclassified species

S. pseudoserratodentata was recorded only 5 times in the southern part of the region surveyed during STEP-I. These data are too meagre to enable evaluation of the indicator worth of this species, but the fact that the occurrences are all in the same general area suggests that this species is worthy of future attention. It may be shown to be carried north in the Peru Coastal Current as it flows along the coast of Chile and Peru.

S. plactonis was found in only four samples. With these few data, it is impossible to evaluate the indicator potential of this species.

DISTRIBUTION OF CHAETOGNATHA IN THE PERU REGION

With the foundation formed by study of the data considered to this point, one is now in a position to consider the temporal and spatial distributions of the chaetognath species in cruises other than STEP-I to see how they relate to the hydrographic regime. How El Niño affects the chaetognath distribution will be one of the topics of discussion in this section. The relation of chaetognaths to upwelling will follow. Data from all available sources in addition to STEP-I and *Bondy* cruises have been used in interpreting the "normal" and "abnormal" situations.

From the study of the STEP-I data reported above, six species of Chaetognatha appear to be useful as indicators of horizontal movements of water masses within the Peru region. These are *Sagitta bedoti*, *S. ferox*, *S. neglecta*, *S. peruviana*, *S. pulchra* and *S. regularis*. In addition, two others, *S. tenuis* and *K. pacifica*, are listed by Bieri (1957). However, *S. tenuis* was not encountered during the present study, and *K. pacifica* did not prove to be associated consistently with a single water mass during STEP-I expedition. The distribution of these species, showing what is considered their "normal" habitats, are illustrated in Figures 20-26. These distributions are based on STEP-I and SHELLBACK data, but are approximately coincident with those published by Bieri (1959) and Sund and Renner (1959).

These six species, potentially useful as indicators of horizontal advection of surface waters, can be separated into two sub-groups with respect to their centers of numerical abundance and frequency of occurrence, and also therefore, with respect to their use for interpretation of the possible origin of El Niño water. One group (I) is located predominantly in the eastern equatorial area in the north-northeast part of the Peru region and in the waters off Central America. This area is typified oceanographically by Equatorial Surface Water in its near-surface strata. The other group (II) is present both in the area offshore of northern Peru and farther north, and in the subtropical waters commonly situated some distance to

the west of Peru and northern Chile. These species, then, inhabit Subtropical Surface Water, and have their centers of abundance offshore to the west and north of Peru. The two groups of species have an area of overlapping distributions to the south and southeast of the Galapagos Islands. In this area mixtures of species of groups I and II occur in some samples.

The species comprising group I are *S. bedoti*, *S. neglecta*, *S. peruviana* and *S. pulchra*. The distributions of none of these species extends beyond approximately 5°S under ordinary hydrographic conditions (normal distributions) (Figures 20, 22, 23, 24). Therefore the presence of individuals of these species farther south along the Peru coast than that latitude would be indicative of a southward displacement of Equatorial Surface Water.

Group II includes *S. ferox*, *S. regularis* and perhaps *K. pacifica* (Figures 21, 25, 26). When these are present the occurrence of these along the southern portions of the Peru coast would indicate a shoreward and/or southerly advection of waters normally located farther offshore.

The distributions of these indicator species show to some extent the limits approached by the currents carrying them, and also reflect the origin of those waters when they are displaced from their normal situations. How well the various species indicate flow patterns depends upon the species ability to survive in the mixed waters resulting from the deviations of the currents from their normal locations, and the time between the species being translocated by the aberrant current system and its capture.

The *Bondy* data have been studied to show the temporal and spatial fluctuations in species distributions within the area surveyed over the period 1958 to 1961 (Figures 8-19). The cosmopolites, not pertinent to the present discussion, are not considered. It may be stated here that *Bondy* cruises 5802 and 5804 were made during the final stages of an extensive El Niño period.

Sagitta bedoti (Figure 8) appeared farthest south at two stations of cruise 5804. These appearances south of 15°S during April 1958 are probably reflections of a previous incursion of Equatorial Surface Water associated with the 1957-58 El Niño. At the time these samples were taken, however, the waters at those stations had the characteristics of Subtropical Surface Water. Other notable southerly movements that exceeded the usual range of the species occurred in February 1961 and April 1959. These both are considered to be representative of the annual fluctuation of the front separating the Equatorial Surface Water and Subtropical Surface Water. During the first quarter of each year there is a southward movement which is less extensive than those occurring under the extreme conditions associated with El Niño.

Sagitta neglecta (Figure 9) was encountered much less often than was *S. bedoti*. Tokioka (1959), Sund (1959), Sund and Renner (1959) and Bieri

(1959) all report this species as one of the more rare chaetognaths of the Eastern Pacific. The *Bondy* material showed the presence of *S. neglecta* only in the early months of the years sampled. Since *S. neglecta* was present only in samples taken during the austral summer, the season in which El Niño occurs, and since its distribution is usually limited to the equatorial tropics, its presence farther south than normal clearly would show the intrusion of tropical waters from the north. It is thus regrettable that none appeared in the season following the 1957-58 El Niño. This may, however, be due to a low tolerance of this species for waters outside of its normal habitat, or simply that too few were present to be detected by the sampling method.

Sagitta peruviana (Figure 10) apparently is a neritic species found along the northern Peru coast. As such, the number of individuals can be expected to decrease with distance offshore and downstream from the center of abundance, Punta Aguja. The *Bondy* data support this interpretation in view of the high concentrations near-shore at about 5°S and the diminishing numbers seen infrequently at more southerly and offshore stations. The occurrences noted south of 10°S during cruises 5804, 5811, 6011 and 6102 could be considered to be indicative of southwardly advection, but it is impossible at this time to separate any effects of fluctuations within the normal limits of the occurrence of this species from effects due to the current system or from effects of sampling. That southwardly advection was not the cause of these occurrences is supported by the temperature and salinity data (Table 1, Appendix) which show that the water present at those stations had the characteristics of Subtropical Surface Water. This evidence may be taken as being in deference to Popovici's report (1961/62) of an El Niño condition occurring early in 1961.

Sagitta pulchra (Figure 11), according to the *Bondy* samples, showed no extensive southerly movements. If this species were transported south of its normal range by the 1957-58 El Niño, it must not have survived under the conditions imposed by the modified environment. Nonetheless, the species, like *S. neglecta*, is potentially promising as an indicator of any southward movement of Equatorial Surface Water.

Sagitta ferox, *S. regularis* and *K. pacifica* (Figures 12, 13, 14 respectively) appeared farther to the south than did any of the above species. This is to be expected from their association with offshore Subtropical Surface Water. The distributions of *S. ferox* and *S. regularis*, as shown by the *Bondy* samples, are essentially similar. An exception is that the latter species was present on cruise 5809, while *S. ferox* was not. In view of all available data, it is evident that three species normally inhabit an extensive area to the west and north of the Peru region; thus their occurrence close to the continent indicates the presence of waters from that region.

Summarily, one notes aberrant locations of *S. bedoti*, *S. ferox*, *S. peruviana*, *S. pulchra* and *S. regularis* at four stations of cruise 5804, which took

place during a period associated with an El Niño. These occurrences are listed in the following table which abstracts a portion of Table 1.

Anomalous Species Records, Bondy Cruise 5804

Species	Station Number			
	32	34	40	63
<i>S. bedoti</i>		2	2	
<i>S. ferox</i>			1	
<i>S. peruviana</i>			18	
<i>S. pulchra</i>			1	
<i>S. regularis</i>	1			1

It is perhaps noteworthy that *K. pacifica* was also recorded at stations 32 and 34.

In a statistical sense, there is always some probability that individuals of any species will be found, at some time, far outside of its normal distributional range. The question now arises as to whether the occurrences listed above are within the realm of chance or may be attributed to anomalous conditions. An answer to this question may be obtained by testing the null hypothesis that there was no difference in species distributions between that found during cruise 5804 and that during other cruises in the same geographic area (the area encompassed by cruises 5811, 5906, 6004 and 6011). In other words, one assumes that there is no statistical difference between the 4 positive records in 54 samples of cruise 5804 and 0 positive records in 127 samples of the other cruises along the southern one-half of the Peru coast. The test is made by combining all data for the area, such that the probability of catching a number n of indicators is:

$$P(n) = \frac{T!}{n!(T-n)!} p^n q^{T-n}$$

where T is the number of trials, p is the probability of success on a single trial ($4/181$), and $q = 1-p$. The probability of catching no indicators during 127 trials, such as was the result during normal years, then is:

$$P(0) = \left(\frac{177}{181}\right)^{127} = 0.058$$

Thus there is less than 6% chance of getting no indicators in 127 trials, and we conclude with 94% certainty that the zooplankton populations were significantly different during cruise 5804 than at the other times surveyed.

Another approach to the same question is to calculate the probability of getting at least 4 positive records of indicators in 54 trials, using the above data. One notes that the probability of at least 4, $P(n \geq 4)$, is also $1 - [P(0) + P(1) + P(2) + P(3)]$, where

$$P(0) = \binom{54}{0} \left(\frac{4}{181}\right)^0 \left(\frac{177}{181}\right)^{54}$$

$$P(1) = \binom{54}{1} \left(\frac{4}{181}\right)^1 \left(\frac{177}{181}\right)^{53}$$

$$P(2) = \binom{54}{2} \left(\frac{4}{181}\right)^2 \left(\frac{177}{181}\right)^{52}, \text{ and}$$

$$P(3) = \binom{54}{3} \left(\frac{4}{181}\right)^3 \left(\frac{177}{181}\right)^{51}.$$

Calculation of this probability gives a value of 0.03, which again suggests that the conditions in effect during cruise 5804 were significantly different from the other periods surveyed in the same area.

It is encouraging that these statistics suggest significant differences, regardless of the small numbers of indicator species present at the stations. Larger numbers of these species perhaps would have enabled further statistical inferences to be made, but in view of the waters containing the indicators most likely coming from the fringes of the species ranges, where numbers are already small, one can expect neither large densities nor great frequencies of occurrences of the indicators.

One of the objectives of this study was to attempt to use chaetognath indicators to show the origin of El Niño water. In view of the samples from the four stations of cruise 5804 discussed above, where one of the samples (No. 40) contained a mixture of species from groups I and II and another two stations (Nos. 32 and 63) contained *S. regularis*, a species of group II, while station No. 34 had *S. bedoti* of group I, this objective cannot be realized at the present time. It is possible, however, to state the following: The presence of *S. bedoti*, *S. peruviana* and *S. pulchra* in these samples most probably is indicative of the water containing them previously being located in the area occupied by Equatorial Surface Water. The transport of this water to the area of capture of the indicator species most probably came about in the following manner. In 1957, Equatorial Surface Water spread southeast of the Galapagos Islands. This water and the group I indicators contained in it remained south of its normal southern extreme location during the meteorologically "slack" period (Bjerknes, ms), undoubtedly warming *in situ* and mixing to some extent with the ambient Subtropical Surface Water. This would result in a body of water containing a mixture of indicator species of groups I and II. During the months late in 1957 and early 1958, the El Niño conditions responsible for this displacement persisted, and this mixture of waters and contained organisms moved to the southern Peru near-shore areas. The Peru Countercurrent was probably the means of transport, since these mixed and warmed waters were then located well within the area of its influence. Wyrski (1963) has shown that this countercurrent flows to at least 20-25°S at the surface, and even farther at intermediate depths (about 300 m).

This explanation for the movement of indicator species to southern Peru is completely in agreement with published interpretations of conditions prevalent during the 1957-58 El Niño. Additional evidence in support of this explanation is that the temperature-time isograms from shore stations along the Peru coast show a progressive warming to the south in early 1957. This warming trend appeared abnormally far south during the summers of 1957 and 1958 (Figure 27). In 1957, waters much warmer than usual were present as far south as about 14°S. A plot of anomaly of monthly mean temperature (Figure 28) shows that the high temperatures persisted along most of the Peru coast from February 1957 through

at least the first one-third of 1958. The Peru Countercurrent is the most likely means by which the species were transported to southern Peru. The flow of this current is fast enough easily to allow transport from the equatorial region to about 15°S within the life span of a chaetognath, which is from one to two years. At only 0.1 kt, for example, 1000 miles can be traversed in a year. That the countercurrent was supplied with a source of Equatorial Surface Water, and its contained indicator species, is supported by Bjerknes' study (ms) that shows a weakening of the trade winds in the period 1955-58. This weakening preceded the abnormally strong trans-equatorial thermohaline circulation (feeding the Peru Countercurrent) appearing first just east of the Galapagos Islands. Similar intrusions of Equatorial Surface Water of a lesser degree, are indicated by the *Boudy* chaetognath distributions in the northern half of the Peru coast during the summer seasons of other years.

It was noted above that El Niño apparently involves the set of conditions which, developing in southern summer during a period of reduced wind stress, results in the movement of warm, low salinity water from the Equatorial Surface Water Mass southward along the Peru coast. Associated with this modified circulation is an altered environment which in turn results in marked biological changes. The prevalence in the literature of records of a southerly flow of surface waters near the coast, and of the presence of tropical organisms far to the south of their normal ranges, makes it probable that the El Niño phenomenon is that condition resulting in an abnormal intensification of the Peru Countercurrent, coupled with a southerly displacement of Equatorial Surface Water. This displacement can be detected in abnormal distributions of Chaetognatha, primarily those species of indicator type A, group I.

Unusually warm water near the coast of southern Peru may arise from conditions other than those of El Niño. A large cell of warm, relatively high salinity water lies offshore to the west of Peru. The principal indicator species inhabiting that area are *S. ferox*, *S. regularis* and *K. pacifica*. The presence of these offshore waters near the Peru coast can be due to at least three events. First, the northward flowing Peru Current system could have a wave-like character at times (Gunther, 1936) such as has been described for the Gulf Stream by Stommel (1958). Eddies or tongues of warm, saline offshore waters could appear closer to shore than is normal as the result of such wave-like motion. This is not a likely explanation in view of the semi-permanent character of the tongues of warm, highly saline water off southern Peru as opposed to the transient nature of the Gulf Stream eddies. Second, the South Equatorial Countercurrent (Reid, 1959, 1961) could intensify and bring these waters near the continent. Finally, Wooster (1960) and Bjerknes (1961) propose that a lessening of wind stress will precede an *in situ* warming, which in turn will be followed by an eastwardly flow of waters from offshore. These latter two phenomena seem to be more feasible than the first and, in fact, may be inter-

related. The salinity data from 1957-58 confirm at least the interpretation of Wooster. In either case, the result would be the presence of both warm, high saline water and zooplankton from the offshore area near the coast.

It is noteworthy that this shoreward movement of offshore waters, and indicators, is not necessarily coincident with a southwardly flow in the surface layer. Furthermore, it is not necessarily limited to occurrences during the El Niño season (austral summer). For these reasons, the onshore movement is not here regarded as being necessarily associated with the El Niño phenomenon as described above. It is, nevertheless, possible for these two events to co-occur, because the water from north of the equatorial front (Equatorial Surface Water), being the lighter, can over-ride that from offshore (Subtropical Surface Water). This may happen when the meteorological requisites are extreme both in intensity and temporal extent, such as was likely to have been the case attributed to the extraordinary conditions associated with the 1891 El Niño (Bjerknes, 1961).

Upwelling has been defined in many ways. The process as interpreted here, is taken to be an ascending motion by which means subsurface waters from depths not usually exceeding 100-300 m are brought to the surface. Once at the surface, these waters are removed from the upwelling area by horizontal flow. While the present consideration refers to coastal upwelling, the definition does not exclude similar processes occurring at open-ocean locations.

Previous investigations in the Peru region have shown that upwelling occurs near Cape Blanco, Punta Aguja, and near Punta Paracas. Ekman (1953, p. 210) states that upwelling is fairly stable at about 5°S and 15°S; Schweigert (1959) notes one of the principal areas of upwelling as being abreast of Atico (16°13'S); and Wyrtki (1963) reported two loci approximately coincident with the Cape Blanco-Punta Aguja and Punta Paracas areas. Plots of surface temperature, phosphate and oxygen distribution from STEP-I data (Figures 29, 30, 31) clearly reflect the upwelling in these two areas.

Five of the seven species of Chaetognatha classified as type B on the basis of STEP-I data were noted in the *Bondy* material. The distributions of these are shown in Figures 15 to 19. Concentrations of *S. minima* appeared consistently off Cape Blanco and Punta Aguja and Punta Paracas. *S. hexaptera* occurred widely along the coast, but concentrations of this species were heaviest in the upwelling areas. *S. decipiens*, *K. subtilis* and *E. hamata* showed up less often than the former two species; when they did appear, they were noted only within these two general areas. Since all of these species normally inhabit subsurface water, their presence at the surface at nearshore stations of STEP-I expedition also supports the interpretation that their presence is associated with upwelled waters.

Figures 32 to 36 illustrate the vertical distribution of thermohaline anomaly (δ_T) for the two STEP-I profiles extending seaward from the

upwelling areas. The presence and relative abundance of type B indicators is shown in the figures also. These data, combined with those above concerning the vertical distributions of these indicators, illustrate that the type B indicators are usually confined to subsurface strata offshore, but are upwelled with those waters near the coast and consequently appear at the surface there.

The *Bondy* material suggests that upwelling persists in the two areas described, at least to some extent, at all times. This is to be anticipated in view of the fact that the density surfaces must maintain an upward slope toward the coast. This slope is imposed on the density distributions by the presence of the Peru Coastal Current. During times of El Niño the slope may be reduced because of lessened wind stress and subsequent slackening of the current, but it apparently always exists and is in the same direction.

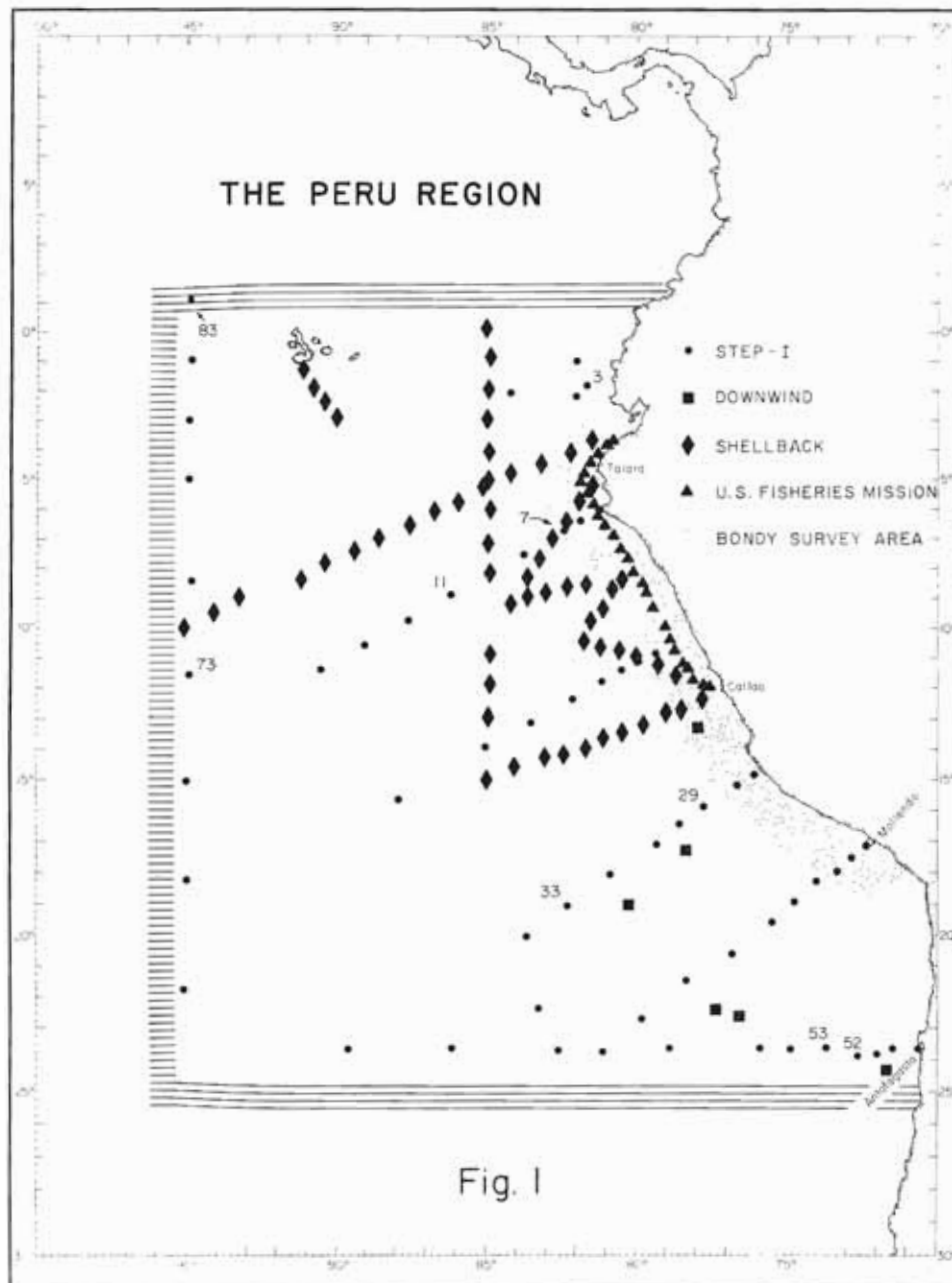


FIGURA 1. The Peru region, showing position of zooplankton and hydrographic stations providing data used in this study.

FIGURA 1. La región del Perú, indicando la posición de las estaciones hidrográficas y de zooplancton que han proporcionado los datos usados en este estudio.

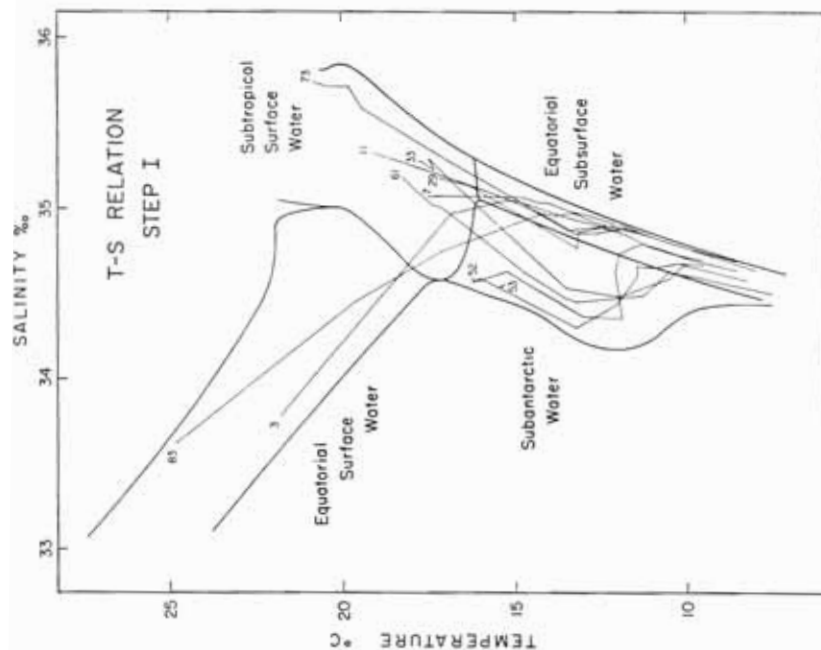


FIGURE 3. The water masses of the Peru region, as revealed by the T-S relation. Representative curves from STEP-I stations are included (see text).

FIGURA 3. Las masas de agua de la región del Perú, según la relación T-S. Están incluidas las curvas representativas tomadas de las estaciones de la expedición STEP-I (véase el texto).

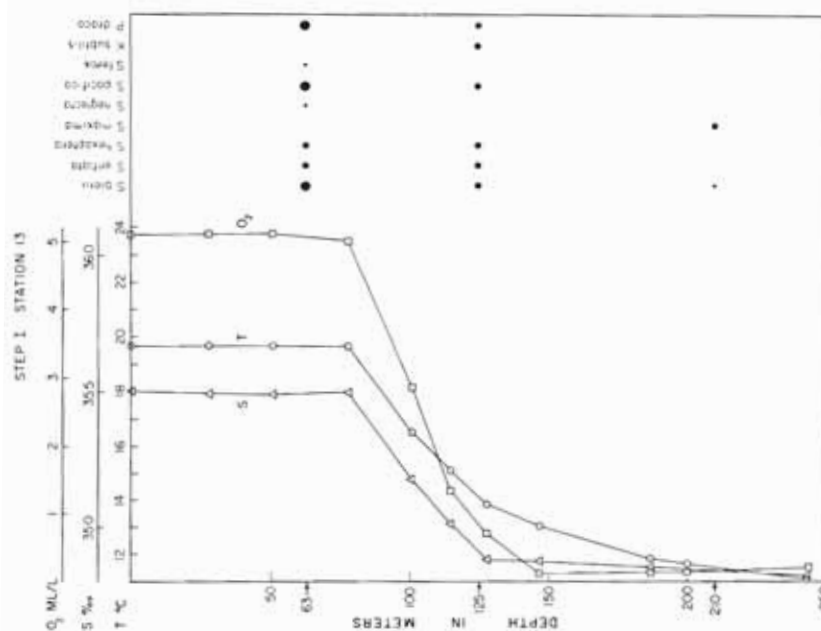


FIGURE 2. Representative plot of data from a STEP-I station, showing the distribution with depth of temperature, salinity, oxygen and chaetognath species.

FIGURA 2. Gráfico representativo de los datos de una estación de la expedición STEP-I, mostrando la distribución de profundidad, temperatura, salinidad, oxígeno y las especies de quetognatos.

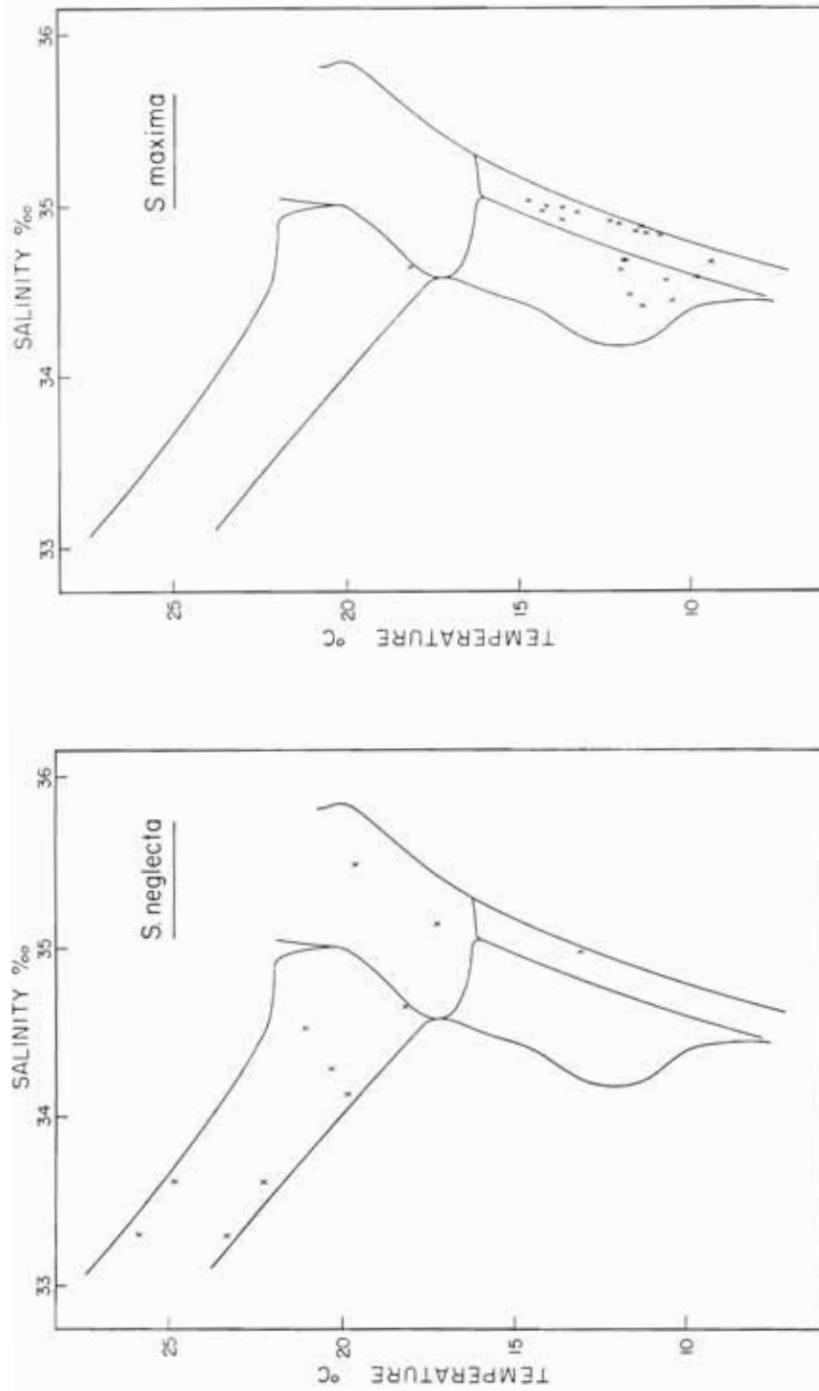


FIGURE 4. T-S-species diagram, illustrating the relation of *Sagitta neglecta* (type A) to the water masses. See Fig. 3 for identification of the water masses. STEP-1 data.

FIGURA 4. Diagrama T-S de las especies, ilustrando la relación de *Sagitta neglecta* (tipo A) con las masas de agua. Véase Figura 3 para la identificación de las masas de agua. Datos de la expedición STEP-1.

FIGURE 5. T-S-species diagram illustrating the relation of *Sagitta maxima* (type B) to the water masses.

FIGURA 5. Diagrama T-S de las especies, ilustrando la relación de *Sagitta maxima* (tipo B) con las masas de agua.

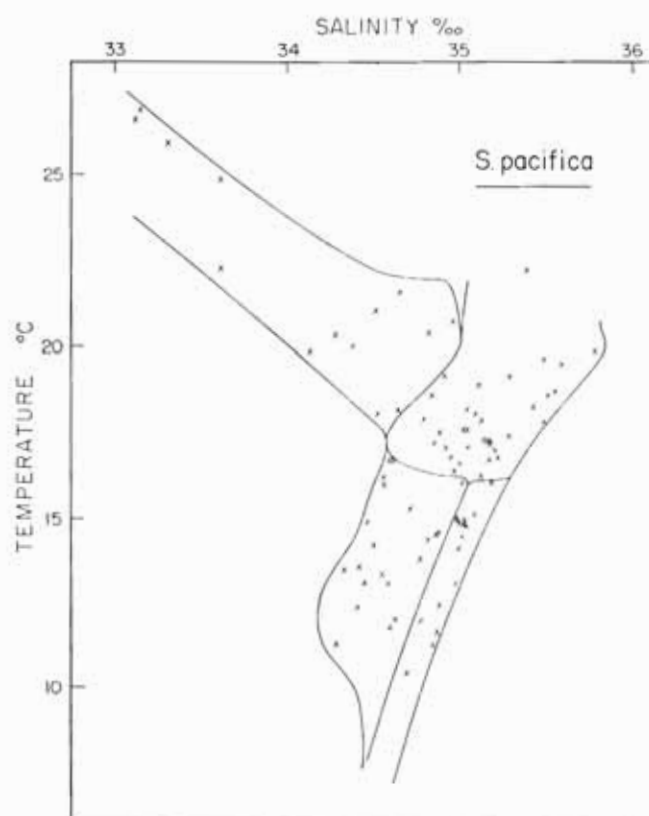


FIGURE 6. T-S-species diagram illustrating the relation of *Sagitta pacifica* (type C) to the water masses.

FIGURA 6. Diagrama T-S de las especies, ilustrando la relación *Sagitta pacifica* (tipo C) con las masas de agua.

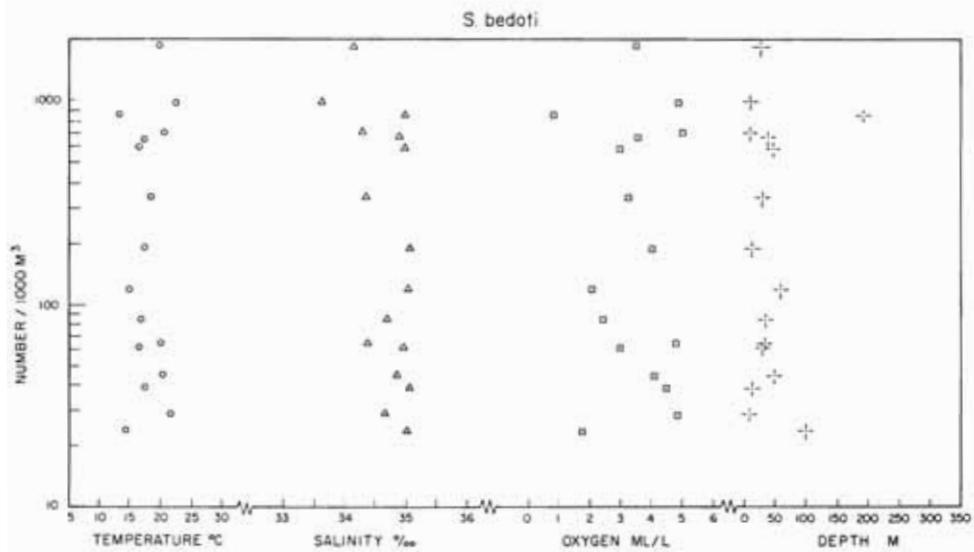


FIGURE 7. Abundance of *Sagitta bedoti* plotted against ranges of temperature, salinity, oxygen and depth. STEP-I data.

FIGURA 7. Abundancia de *Sagitta bedoti* graficada contra los márgenes temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad. Datos de la expedición STEP-I.

S. bedoti

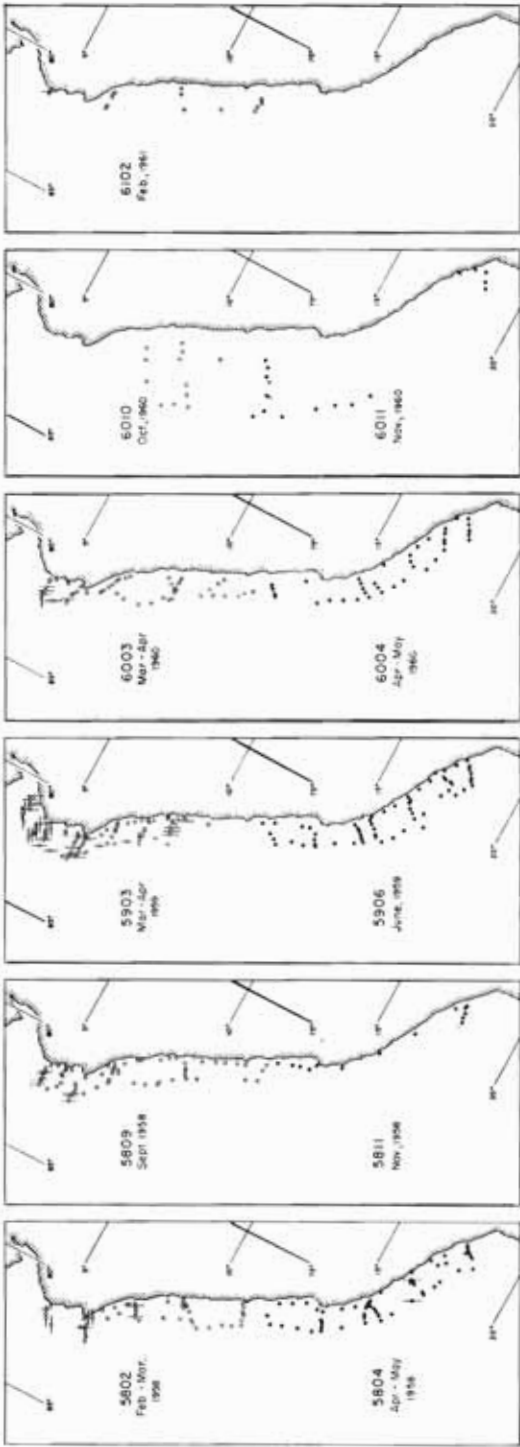


FIGURE 8

FIGURES 8-19 Distribution and relative abundance of Chaetognatha during Bondy cruises in years 1958-1961.
FIGURAS 8-19, Distribución y abundancia relativa de quetognatos durante los cruceros del Bondy en los años 1958-1961.

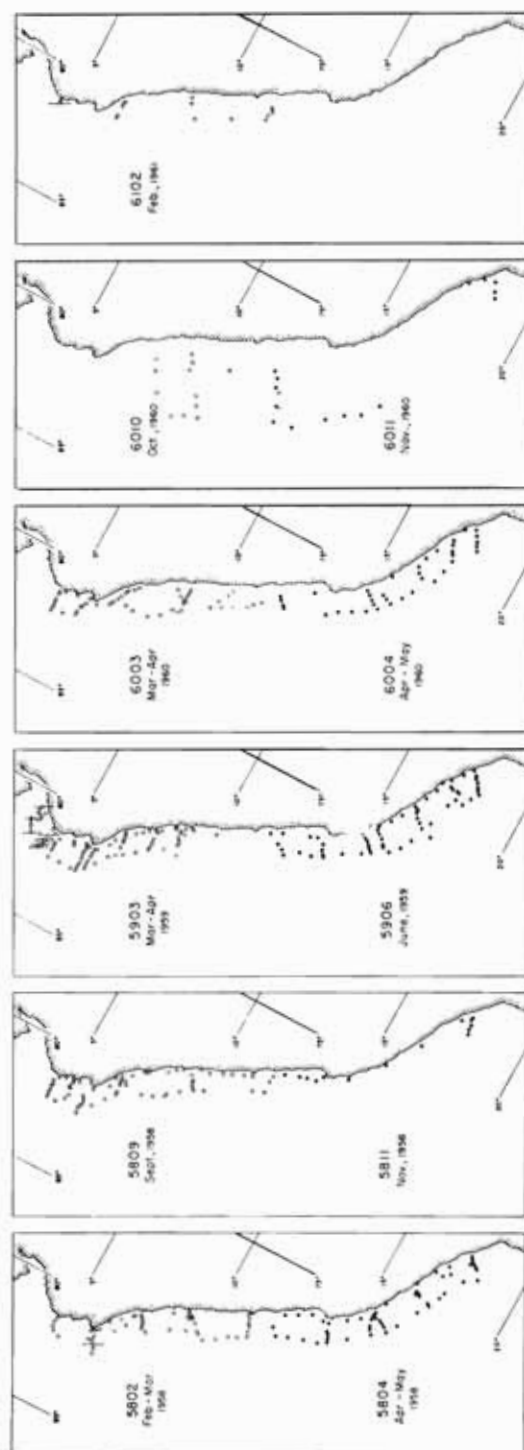
S. neglecta

FIGURE 9

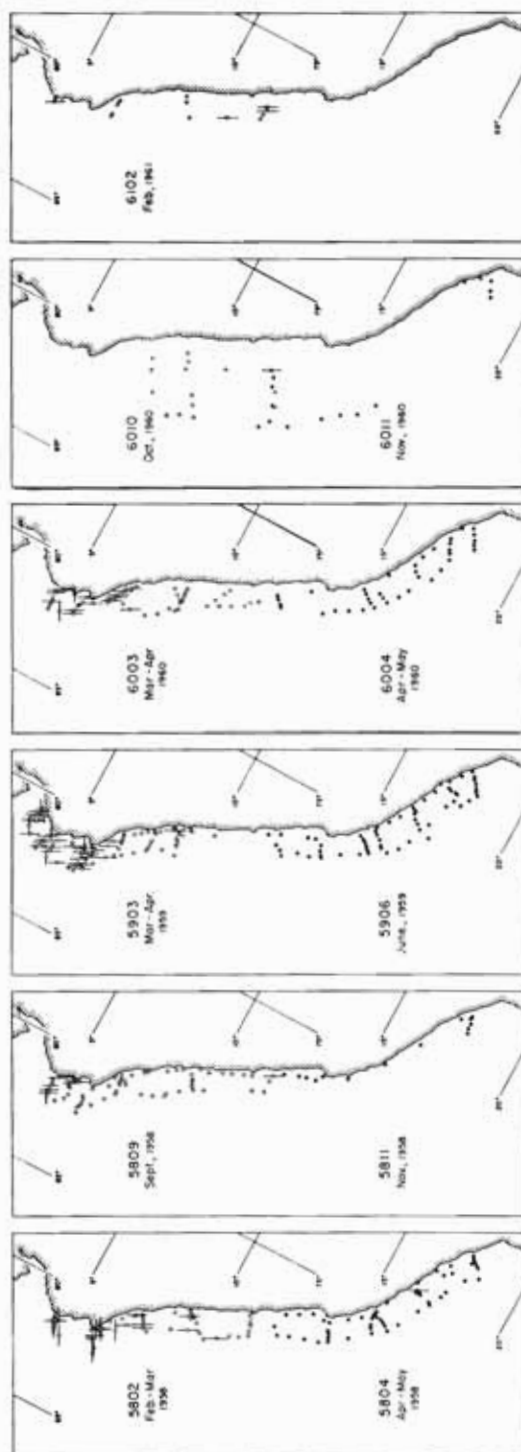
S. peruviana

FIGURE 10

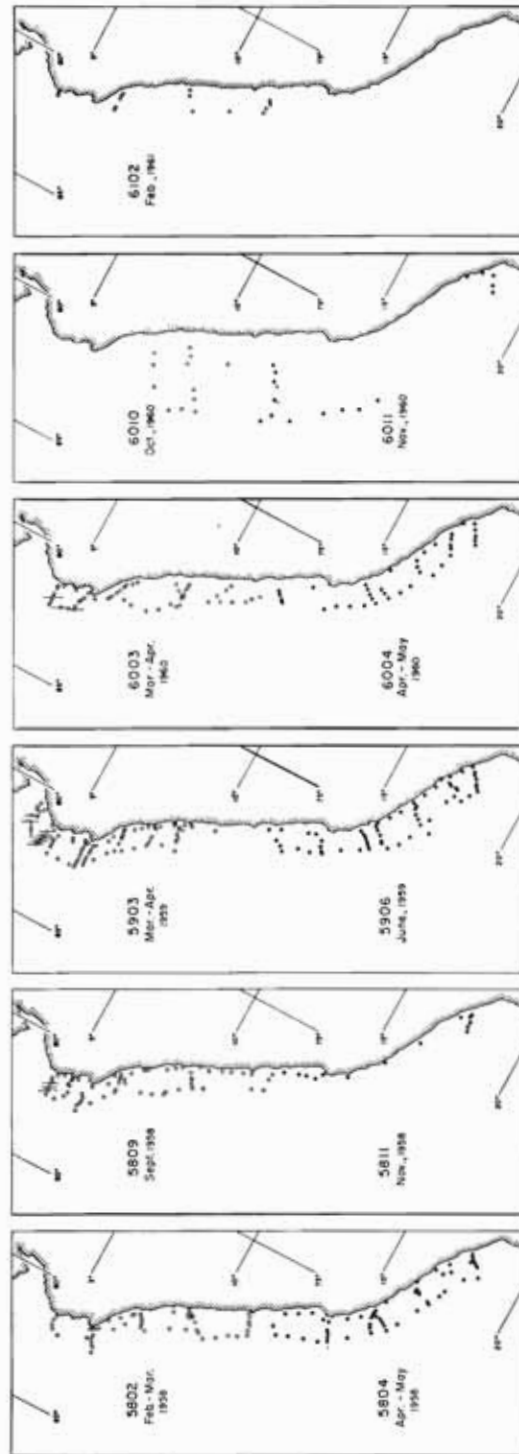
S. pulchra

FIGURE 11

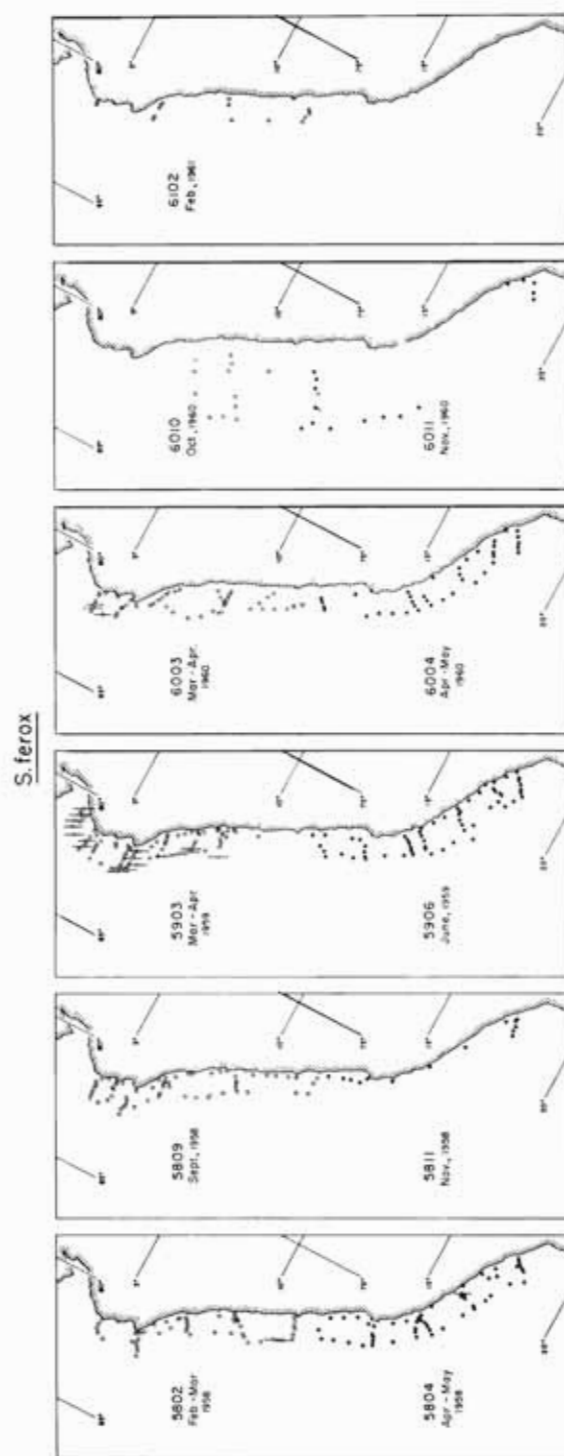


FIGURE 12

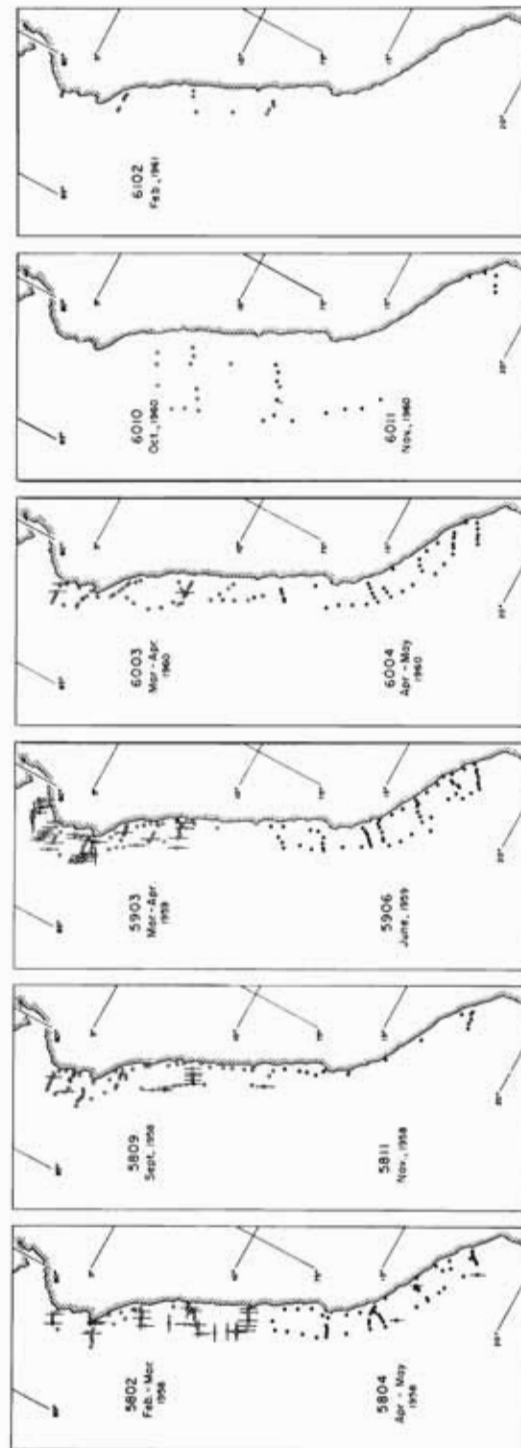
S. regularis

FIGURE 13

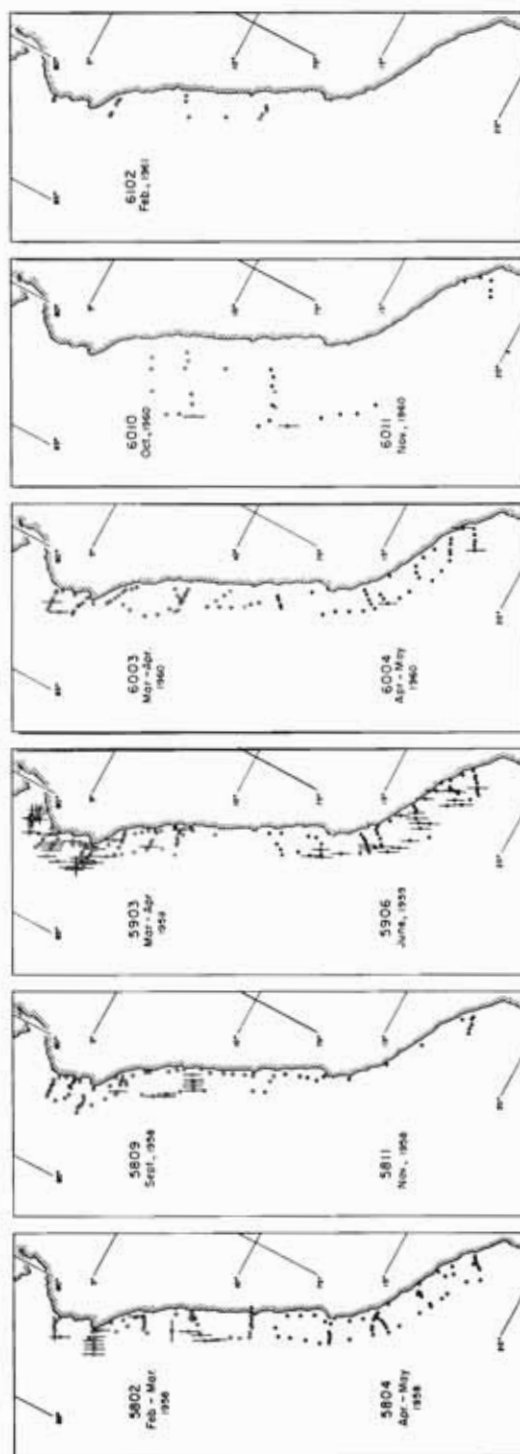
K. pacifica

FIGURE 14

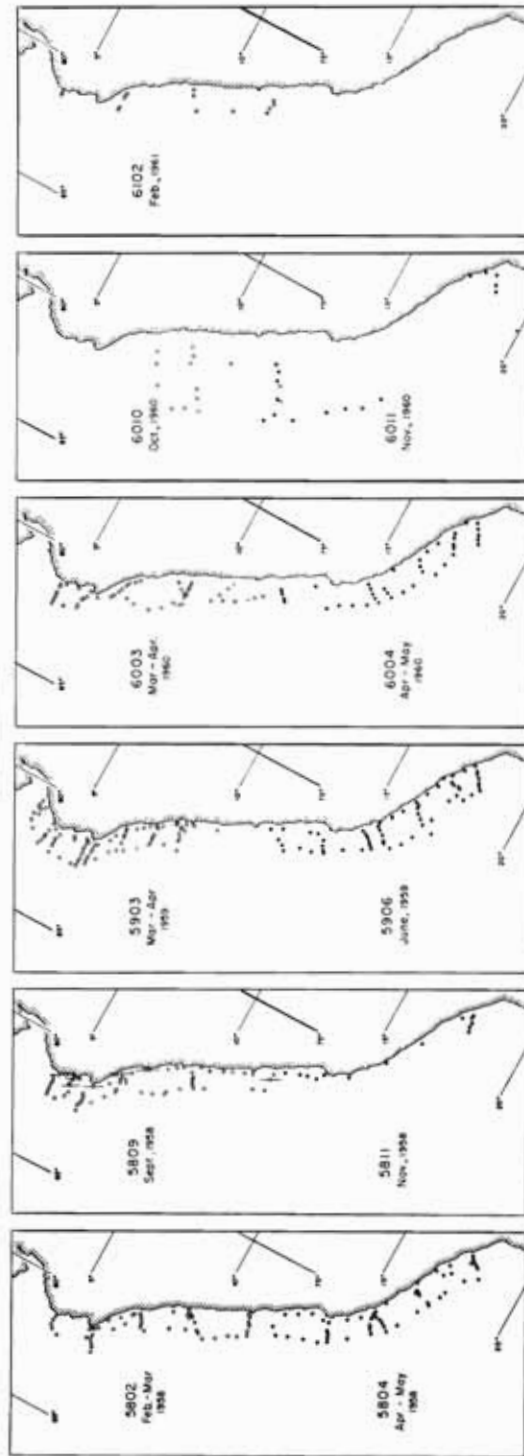
S. decipiens

FIGURE 15

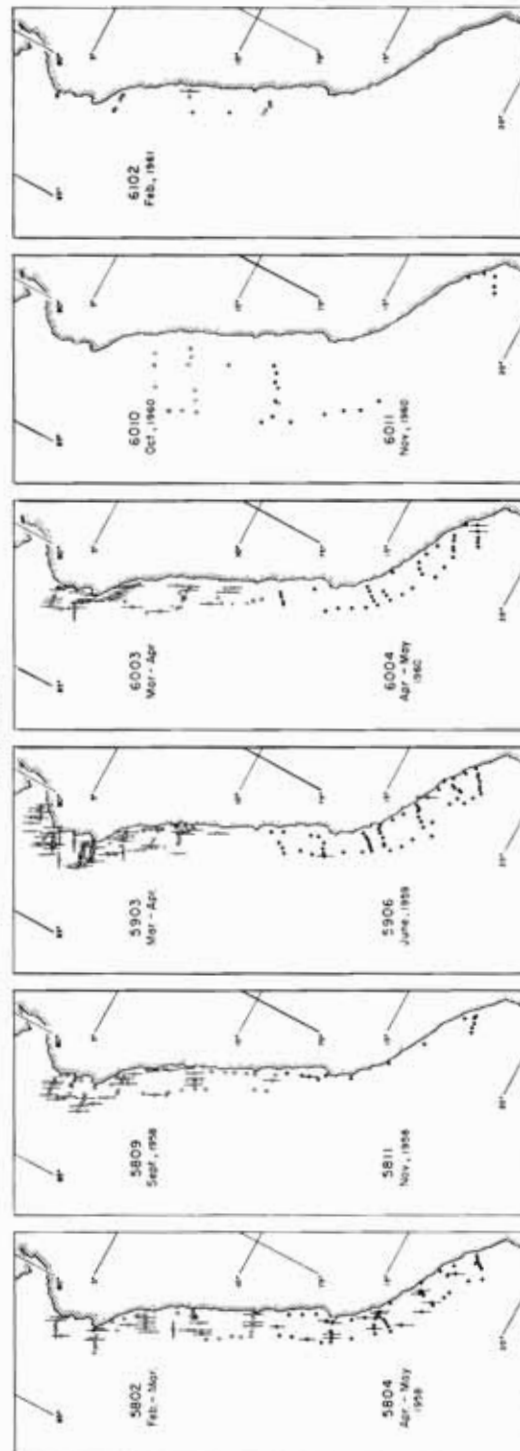
S. hexaptera

FIGURE 16

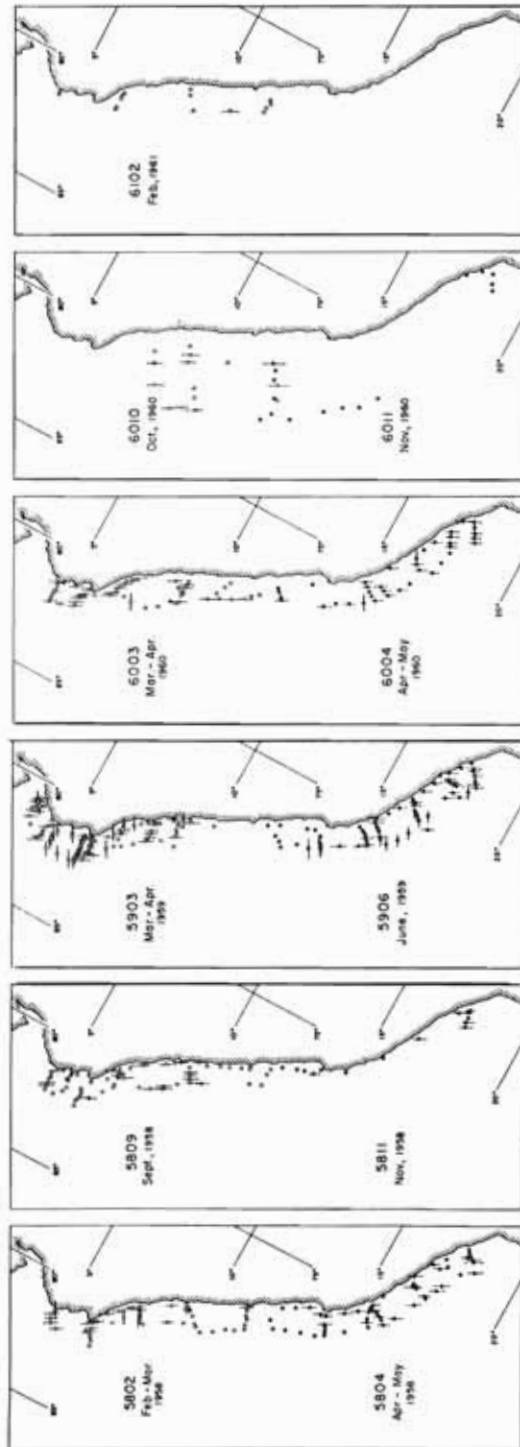
S. minima

FIGURE 17

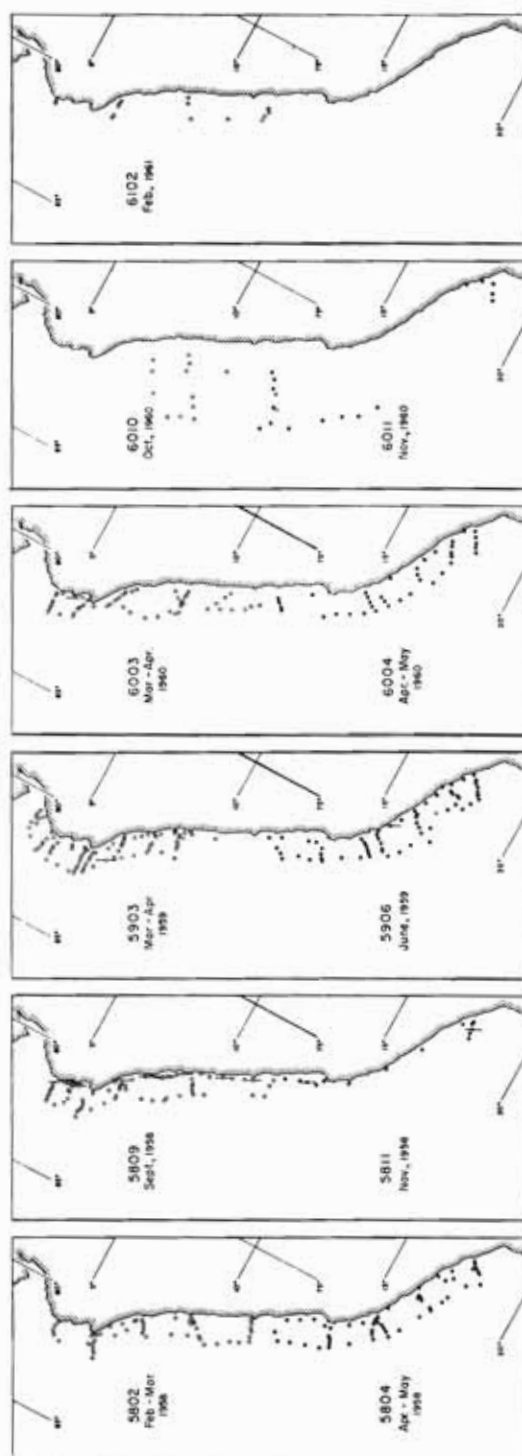
K. subtilis

FIGURE 18

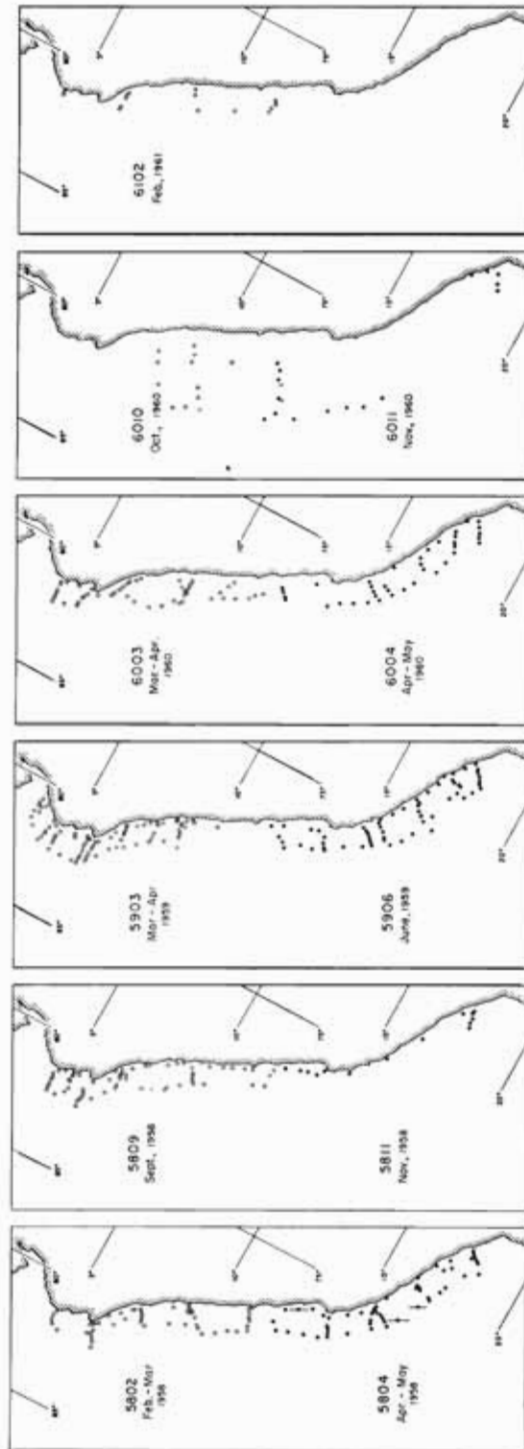
E. hamata

FIGURE 19

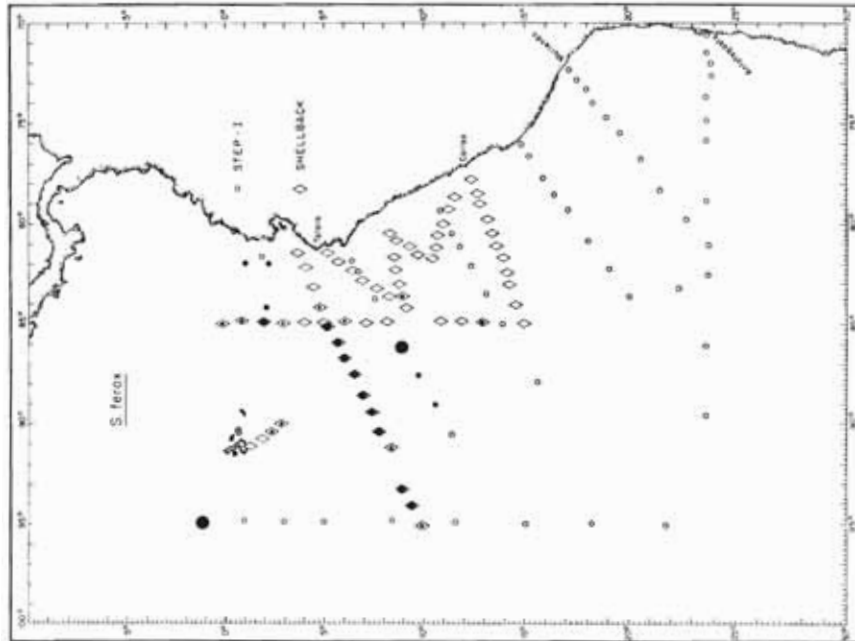


FIGURE 21. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-I and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 21. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-I y SHELLBACK.

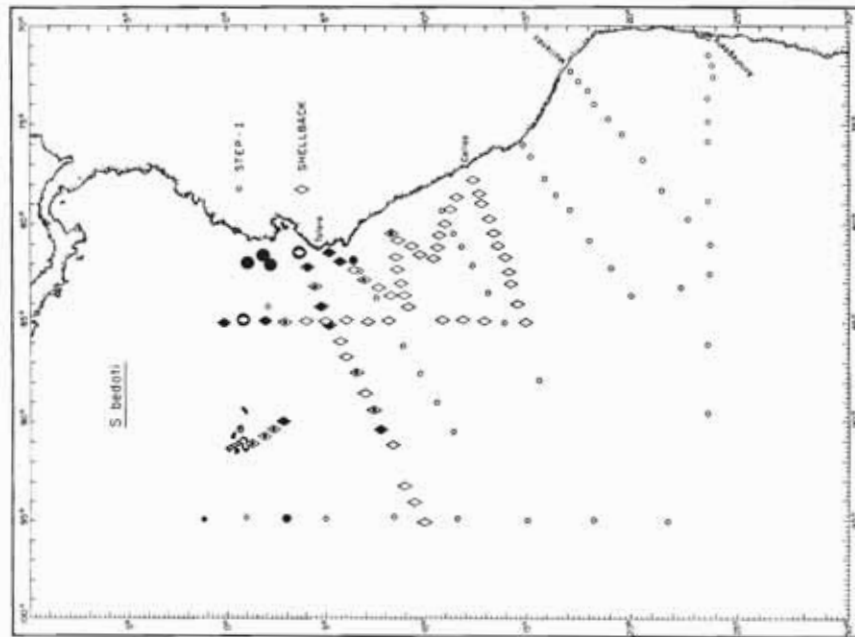


FIGURE 20. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-I and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 20. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-I y SHELLBACK.

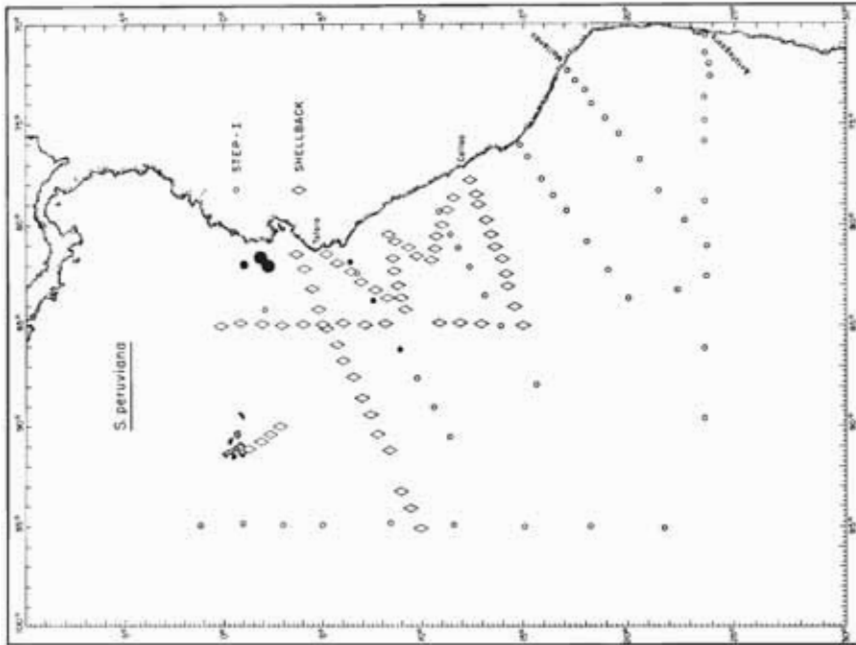


FIGURE 23. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-I and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 23. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-I y SHELLBACK.

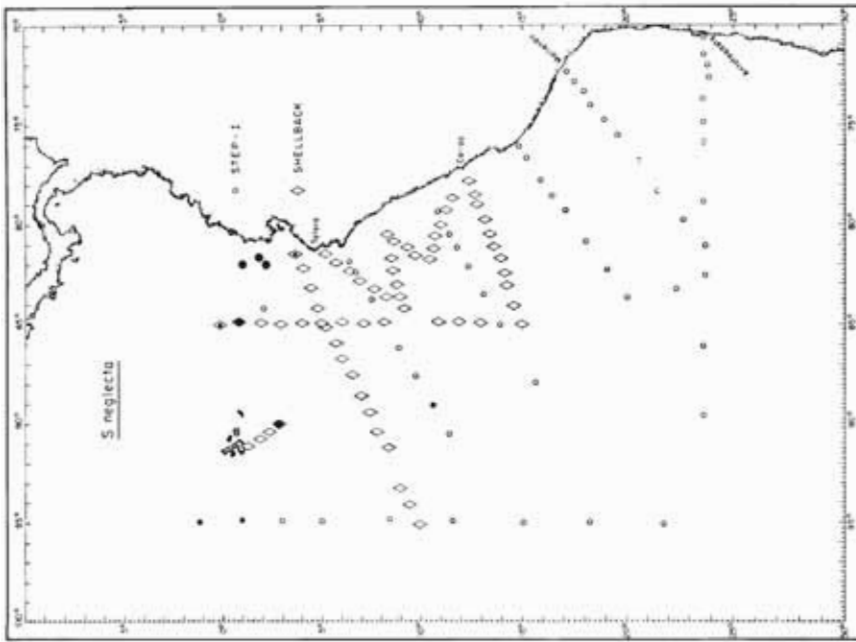


FIGURE 22. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-I and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 22. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-I y SHELLBACK.

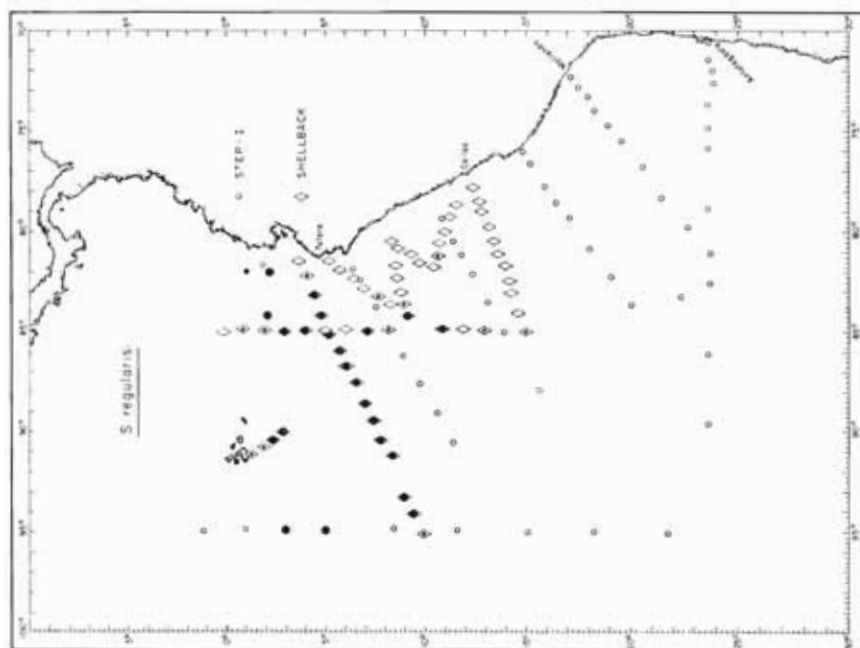


FIGURE 25. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-1 and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 25. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-1 y SHELLBACK.

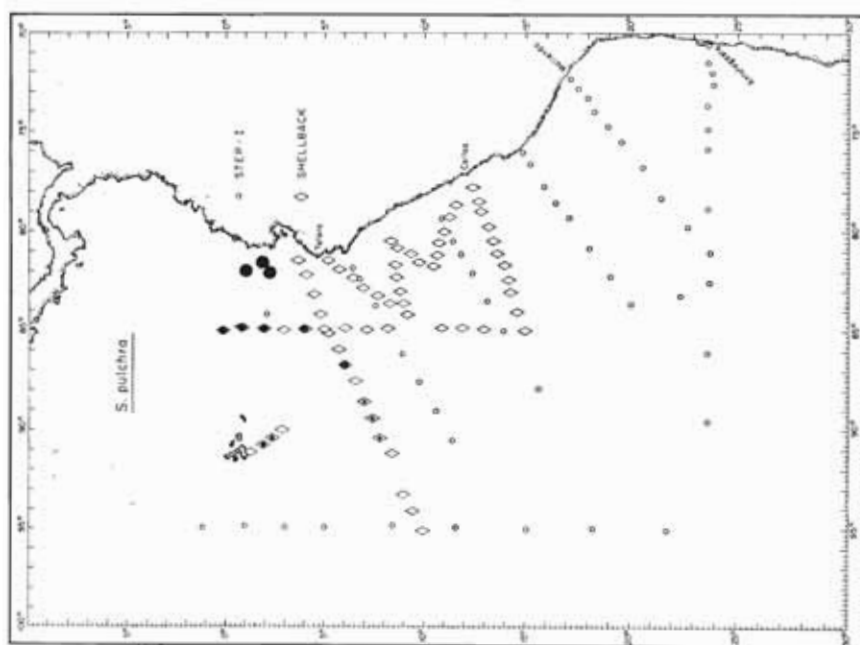


FIGURE 24. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-1 and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 24. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-1 y SHELLBACK.

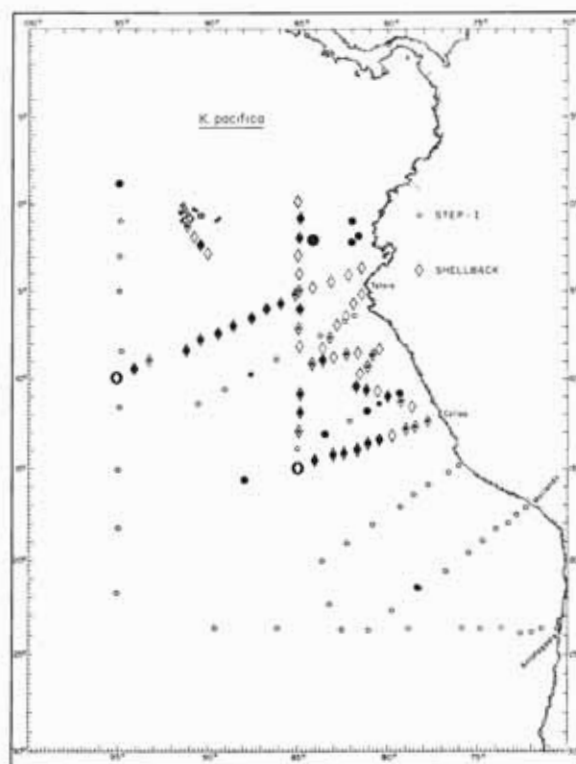


FIGURE 26. Horizontal distributions of type A indicators during STEP-I and SHELLBACK expeditions.

FIGURA 26. Distribución horizontal de los indicadores tipo A, durante las expediciones STEP-I y SHELLBACK.

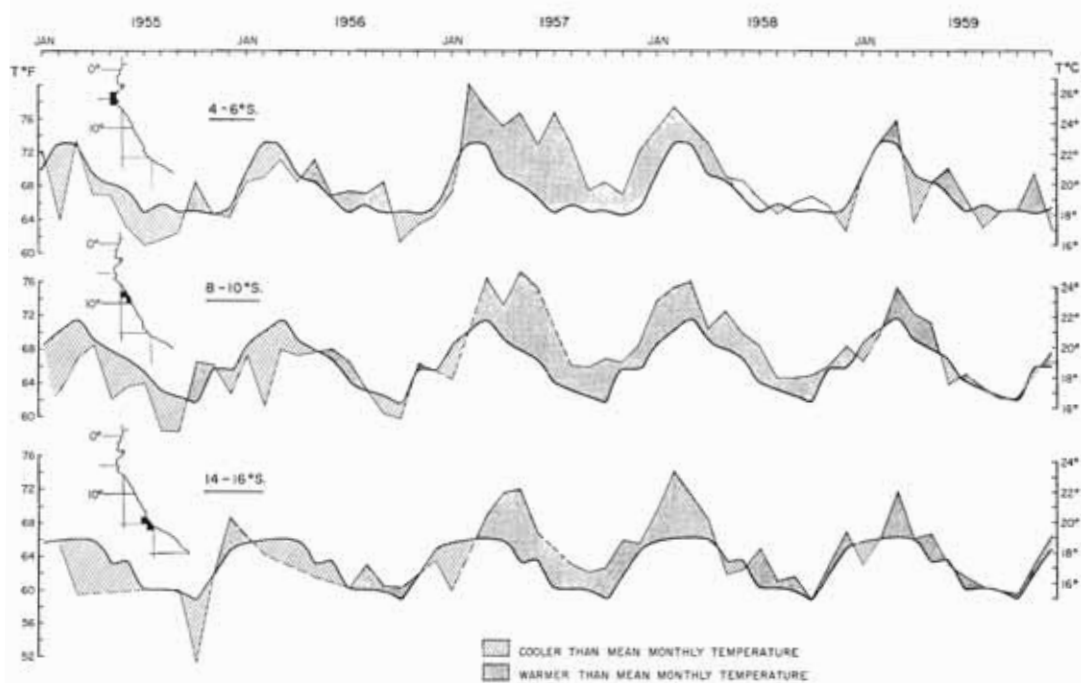


FIGURE 27. Temperature-time isogram based on shore station data for the Peru coast. (Data from C & GS Publication 31-3, 1962).

FIGURA 27. Isograma temperatura-tiempo, basado en los datos de estaciones costeras en el litoral del Perú (Datos de la Publicación C & GS 31-3, 1962).

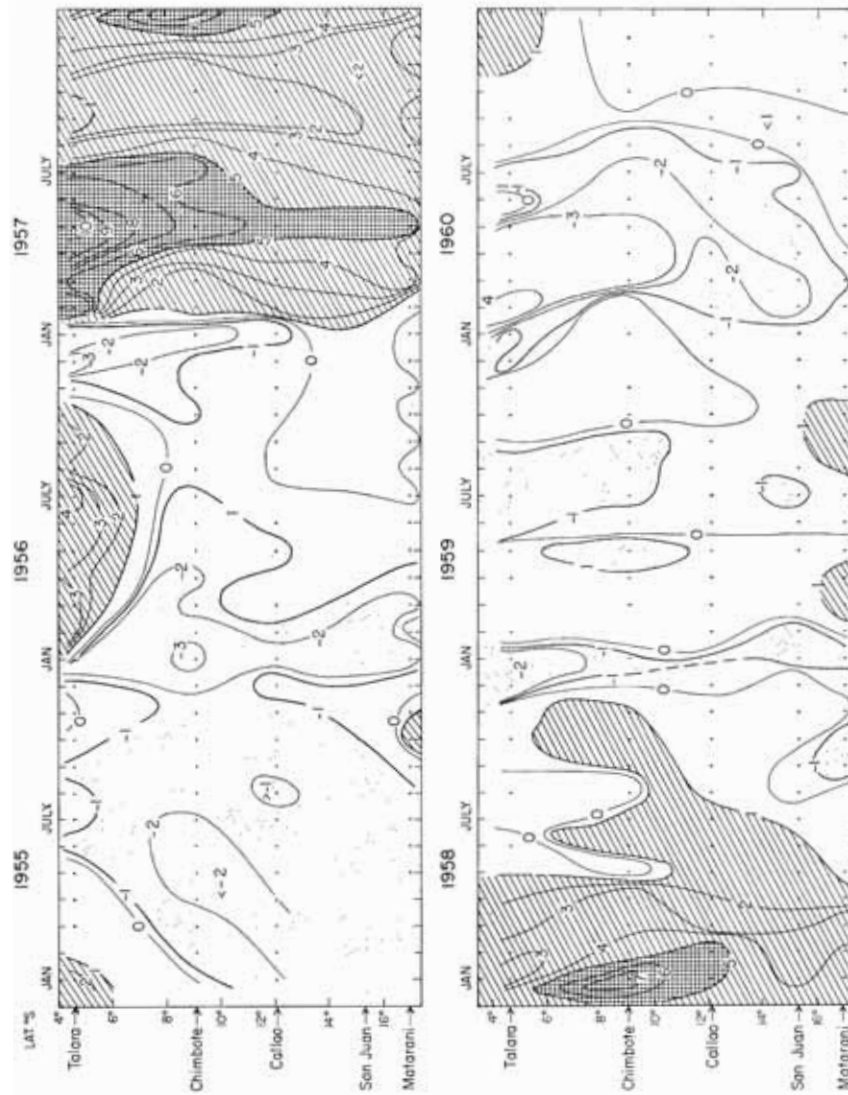


FIGURE 28. Deviation of sea surface temperature ($^{\circ}\text{F}$) from long-term monthly means. (U. S. Weather Bureau data).

FIGURA 28. Desviación de la temperatura de la superficie del mar ($^{\circ}\text{F}$), según las medias mensuales de largo término (Datos del U. S. Weather Bureau).

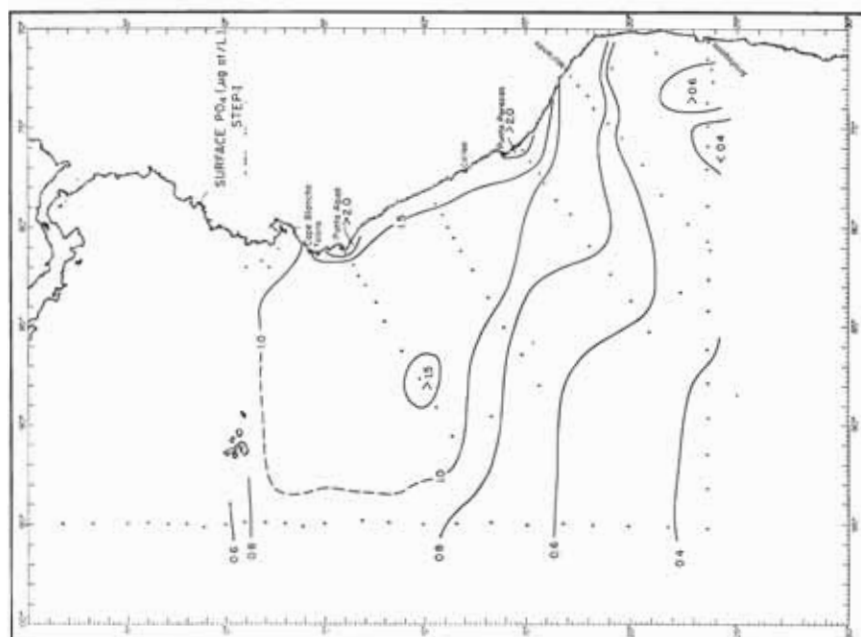


FIGURE 30. Surface phosphate during STEP-I expedition.

FIGURA 30. Fosfato de la superficie durante la expedición STEP-I.

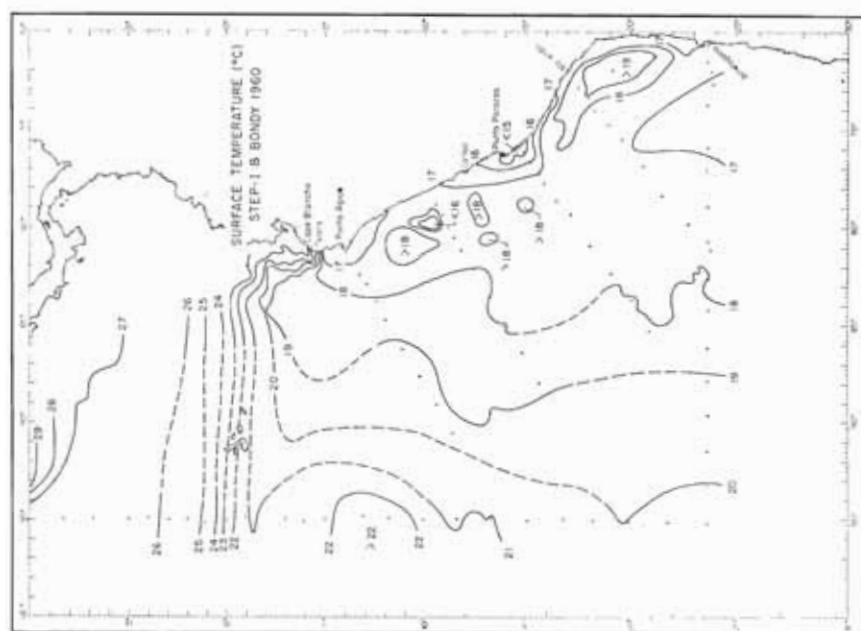


FIGURE 29. Surface temperature during STEP-I expedition.

FIGURA 29. Temperatura de superficie durante la expedición STEP-I.

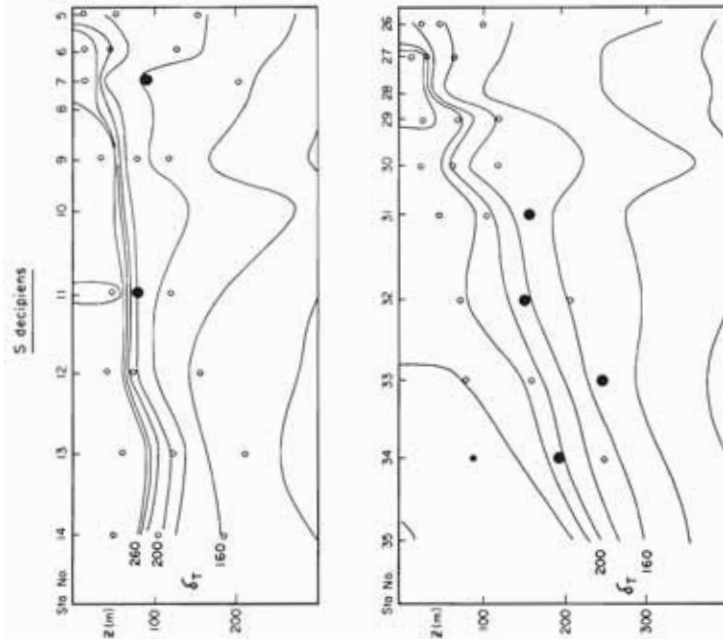


FIGURE 32. Vertical distribution of thermohaline anomaly (δT) and type B indicator species along two profiles perpendicular to the Peru coast. STEP-I data.

FIGURA 32. Distribución vertical de la anomalía termohalínica (δT) y de la especie indicadora del tipo B a lo largo de dos perfiles perpendiculares a la costa del Perú. Datos de la expedición STEP-I.

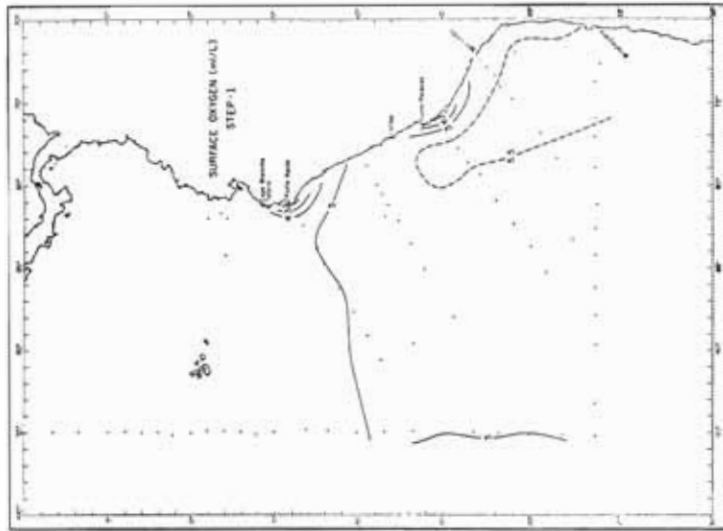


FIGURE 31. Surface oxygen during STEP-I expedition.

FIGURA 31. Oxígeno de la superficie durante la expedición STEP-I.

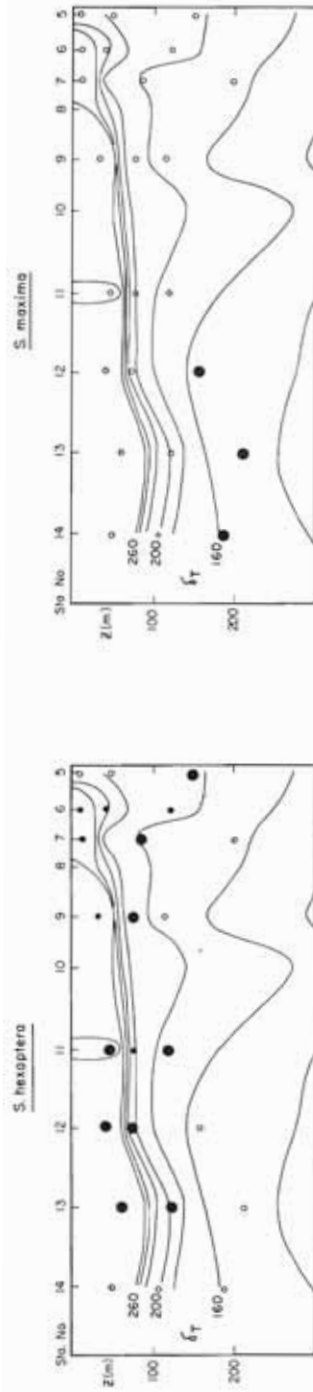


FIGURE 33. Vertical distribution of thermocline anomaly (δ_T) and type B indicator species along two profiles perpendicular to the Peru coast, STEP-I data.

FIGURA 33. Distribución vertical de la anomalía termoclinica (δ_T) y de la especie indicadora del tipo B a lo largo de dos perfiles perpendiculares a la costa del Perú. Datos de la expedición STEP-I.

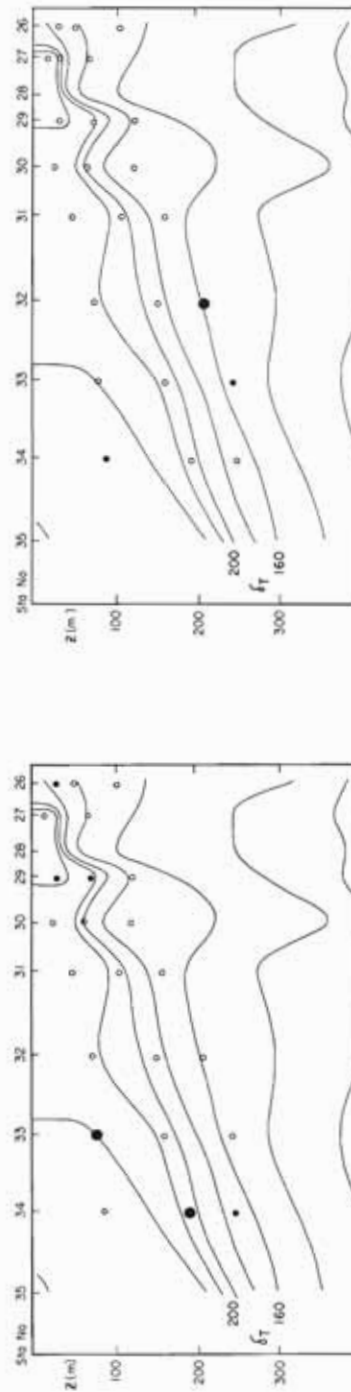


FIGURE 34. Vertical distribution of thermocline anomaly (δ_T) and type B indicator species along two profiles perpendicular to the Peru coast, STEP-I data.

FIGURA 34. Distribución vertical de la anomalía termoclinica (δ_T) y de la especie indicadora del tipo B a lo largo de dos perfiles perpendiculares a la costa del Perú. Datos de la expedición STEP-I.

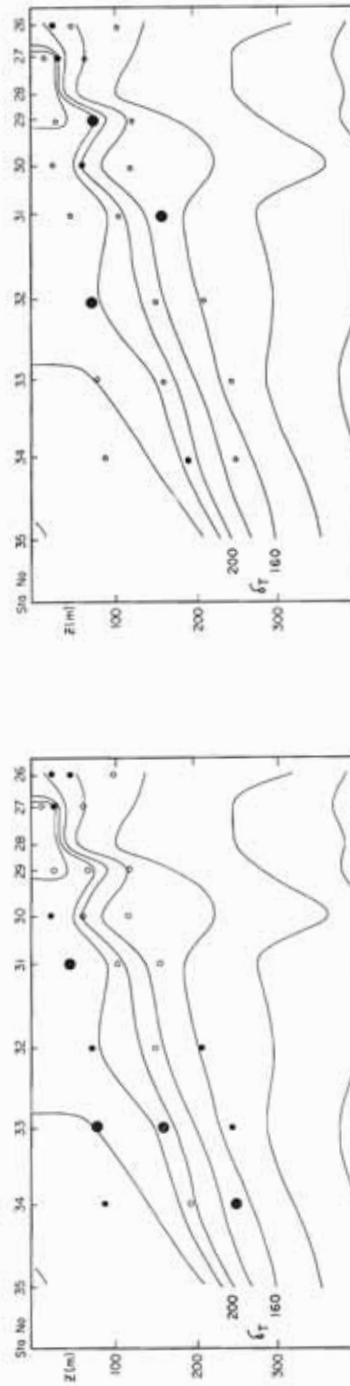
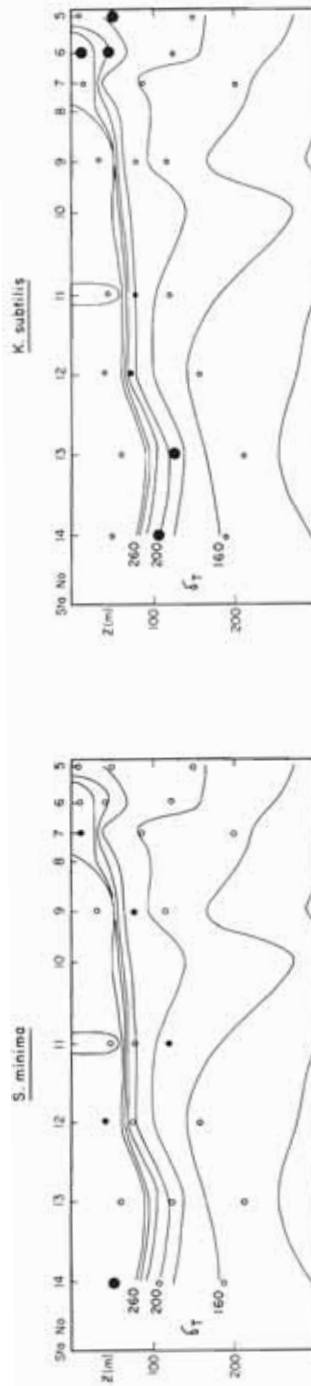


FIGURE 35. Vertical distribution of thermohaline anomaly (δ_T) and type B indicator species along two profiles perpendicular to the Peru coast. STEP-I data.

FIGURA 35. Distribución vertical de la anomalía termohalínica (δ_T) y de la especie indicadora del tipo B a lo largo de dos perfiles perpendiculares a la costa del Perú. Datos de la expedición STEP-I.

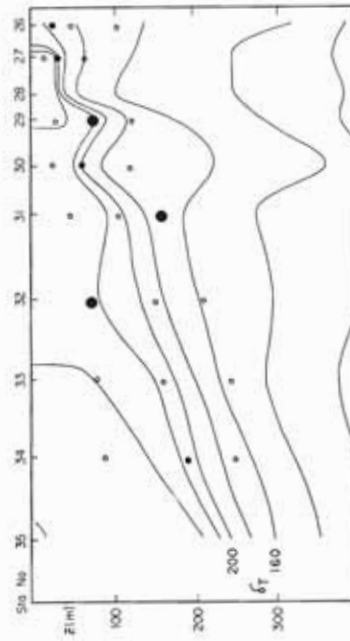
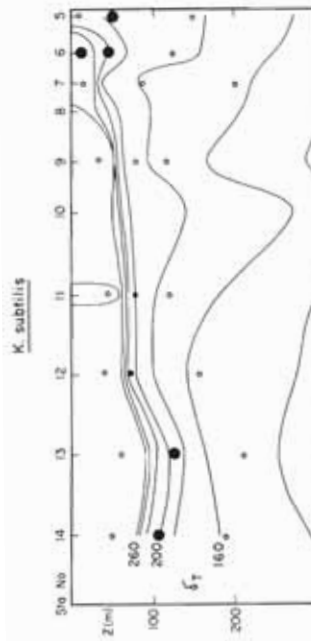


FIGURE 36. Vertical distribution of thermohaline anomaly (δ_T) and type B indicator species along two profiles perpendicular to the Peru coast. STEP-I data.

FIGURA 36. Distribución vertical de la anomalía termohalínica (δ_T) y de la especie indicadora del tipo B a lo largo de dos perfiles perpendiculares a la costa del Perú. Datos de la expedición STEP-I.

TABLE 1. Station list of biological and hydrographic observations.

TABLA 1. Lista de estaciones de las observaciones biológicas e hidrográficas.

BONDY CRUISE 5802									Number / 1000 m ³				
Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedoti	S. bieri	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
° Lat. S	° Long. W												
1958													
11° 12'	77° 43'	Feb. 24	2225	5		21.4	35.19	1		6	3		
11° 18.2'	77° 51.5'	Feb. 24	0010	5		24.5	35.37	2					
11° 22.5'	78° 00'	Feb. 25	0205	5		25.2	35.41	3					
11° 26'	78° 08'	Feb. 25	0330	5		25.6	35.43	4					
11° 30'	78° 20.5'	Feb. 25	0440	5		25.8	35.46	5					
11° 37'	78° 30.5'	Feb. 25	0730	5		25.6	35.43	6					
11° 15.6'	78° 45'	Feb. 25	1105	5		24.8	35.35	7					
10° 57.5'	78° 54.5'	Feb. 25	1330	5		26.0	35.25	8					
10° 32'	79° 10'	Feb. 25	1740	5		25.9	35.34	9					
10° 03'	79° 27'	Feb. 26	0210	5		25.6	35.26	10		3			
9° 52'	79° 20'	Feb. 26	0535	5		25.8	35.32	11					
9° 45'	79° 14.5'	Feb. 26	0910	5		25.9	35.30	12					
9° 30'	79° 01'	Feb. 26	1350	5		26.1	35.28	13					
9° 17.5'	78° 49'	Feb. 26	1630	5	?	23.7	35.30	14					
9° 07'	78° 43'	Feb. 28	1220	5		23.2	35.25	15					
9° 08'	78° 55.5'	Feb. 28	1620	5		24.7	35.27	16					
9° 17'	79° 27'	Feb. 28	2045	5		25.9	35.30	18					
8° 48'	79° 46'	Feb. 28	2355	5		25.8	35.30	19					
7° 58'	80° 18'	Mar. 1	0630	5		23.8	35.17	21					
7° 47'	80° 13.5'	Mar. 1	0940	20		24.4	35.35	23	1				
7° 43'	80° 06'	Mar. 1	1130	5		24.9	35.25	24					
7° 38.5'	79° 58.5'	Mar. 1	1240	5		24.6	35.21	25					
7° 34.5'	79° 50'	Mar. 1	1414	4		24.3	35.25	26	6				
7° 30'	79° 46'	Mar. 1	1530	5		23.0	35.16	27					
7° 16'	79° 55.5'	Mar. 2	1005	5		22.6	35.08	28					
7° 05'	80° 24'	Mar. 2	1319	5		24.4	35.16	29					
6° 53'	80° 53.5'	Mar. 2	1710	5		25.3	35.12	30					
6° 29'	82° 02'	Mar. 3	0040	5		25.3	35.03	32					
6° 24'	81° 53'	Mar. 3	0220	5		25.3	35.01	33					
6° 20'	81° 44'	Mar. 3	0335	5		24.9	35.03	34	279	3			
6° 16'	81° 35'	Mar. 3	0520	5		24.0	35.01	35	18				
6° 12'	81° 26'	Mar. 3	0630	5		24.2	34.99	36					
6° 09'	81° 11'	Mar. 3	0830	5		23.9	35.03	37					
6° 04'	81° 37'	Mar. 3	1140	5		25.4	35.07	38	69	6			
6° 02.5'	81° 07'	Mar. 3	1510	5		26.4	35.07	39	51				
5° 00.5'	82° 06'	Mar. 3	0112	5		25.7	35.07	41	471				
4° 36'	81° 56'	Mar. 4	0340	5		24.5	34.92	43	159				
4° 36'	81° 46.5'	Mar. 4	0515	5		24.4	34.96	44	63				
4° 37'	81° 37.5'	Mar. 4	0636	5		24.0	34.99	45	6	18			
4° 38'	81° 25'	Mar. 4	0800	5		22.9	34.96	46					
6° 02'	81° 17'	Mar. 6	1115	5		23.3	35.07	49		6			
6° 18'	81° 03'	Mar. 6	1435	5		25.4	35.05	50					
6° 39.2'	80° 37'	Mar. 6	1915	5		25.0	35.03	51		3			
6° 53'	80° 16'	Mar. 6	2335	5		24.0	35.07	52					
7° 13'	79° 57'	Mar. 7	0200	5		23.8	35.17	53					
8° 36'	79° 04'	Mar. 7	1630	5		24.2	35.16	57		6			
9° 08.3'	78° 47.5'	Mar. 7	2150	5		24.1	35.28	59					
9° 11'	78° 53'	Mar. 7	2230	5		24.8	35.14	60					
9° 14.5'	78° 59.5'	Mar. 7	2310	5		26.6	35.32	61					
BONDY CRUISE 5804													
12° 20'	77° 40.5'	Apr. 23	1915			20.6	35.14	4		153			
12° 33'	77° 58'	Apr. 23	2300			21.8	35.23	6		4			
13° 00'	77° 48'	Apr. 24	0530			21.3	35.21	7		1			
13° 30'	77° 37'	Apr. 24	1130			21.1	35.23	8		15			
14° 06'	77° 25'	Apr. 24	1600			21.4	35.23	9		20			
14° 25'	77° 15'	Apr. 24	1900			20.8	35.25	10					
14° 21'	77° 07'	Apr. 24	2030			21.0	35.19	11		21			
14° 16'	76° 58'	Apr. 24	2200			20.6	35.14	12		59			
14° 10'	76° 49'	Apr. 24	2335			19.6	35.19	13		42			
14° 05'	76° 31'	Apr. 25	0235			18.3	35.16	15		26			
15° 02'	76° 42'	Apr. 25	1130			20.4	35.19	17					
15° 42'	76° 07'	Apr. 25	1730			20.8	35.17	19		37			
15° 38'	75° 58'	Apr. 25	1850			21.0	35.25	20		41			
15° 35'	75° 49'	Apr. 25	2010			21.0	35.23	21		4			
15° 31'	75° 37'	Apr. 25	2145			21.2	35.16	22					
15° 27'	75° 26'	Apr. 25	2315			21.0	35.25	23		18			
15° 28'	75° 16'	Apr. 27	0910			20.2	35.17	25		13			
15° 28'	75° 16'	Apr. 27	0940			20.2	35.19	26		4			
15° 37'	75° 25'	Apr. 27	1100			21.0	35.19	27					

<i>S. enflata</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. hesperata</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. popovicii</i>	<i>S. pseudoserrata-dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>S. tasmanica</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
108		9			36		216					12					163		339
24												18							33
51		9					18					66							696
12		6					93					15							123
96							183					27							156
87							3					48							36
27												885	3						6
297							159					288	18						33
381							447	3				399					3		9
129							18					15					15		246
51		18					33					60					3		267
84		6					72					3							168
21		6					6					150							6
3												3							5
2												5							27
39							3	3				201							306
45		12					45	3				24					24		741
24		63			1		246					90					150		50
6		8										42							36
23					83		5	1				58							
99*		6			315			9				6							63
42*					117														6
24		3			3							6							30
84*					9														6
15*					3			6									3		81
111		27			339			15											45
102*			3					54											21
6								438									3		
15							3	366						3			12		3
57						21	6	69									21		
24		3			27		114	249				9					21		45
138					3		15	249									3		3
30*		6			9		57	117				3							9
177					27		45					9							129
90							15	1512				45					3		12
261		6			3		15	111									42		378
159		54			9		111	786				27					324		645
54					6		108	279				63					66		141
36		3			21		3	726				30							162
12		18			258		3	354											33
36					18		66												3
72			3				153												
6					3		9												
3					6		9												6
15					24														
3*							6												
							9												
11*		2					34												2
2*							2												2
1*							3												
13*		1					3												
4*							19												2
9*							23												
1*		1					2												1
1*		5																	
3*					2														
1		2			2														
2*																			
21*							2												
3*		1			2		4												
1*																			
1*							5							7					
3*					3														
1*		1			1		10												3
2					1		19							80					2

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

BONDY CRUISE
5804

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	Number / 1000 m ³				
°Lat. S	°Long. W								S. bedoti	S. bierli	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
1958													
15° 46'	75° 27'	Apr. 27	1220			21.9	35.23	28					
15° 54'	75° 33'	Apr. 27	1410			23.1	35.59	29					
16° 02'	75° 38'	Apr. 27	1530			23.5	35.62	30					
16° 11'	75° 45'	Apr. 27	1645			23.6	35.64	31					
16° 26'	75° 19'	Apr. 27	2000			23.4	35.70	32					
16° 53'	74° 28.5'	Apr. 28	0300			23.3	35.64	34	2				
16° 25'	73° 51'	Apr. 28	0945			20.2	35.17	39		2			
16° 28'	73° 45'	Apr. 28	1100			19.8	35.14	40	2				
16° 32'	73° 47'	Apr. 28	1220			20.6	35.19	41		18			
16° 41'	73° 51'	Apr. 28	1345			23.5	35.71	42					
17° 03'	73° 58'	Apr. 28	1745			23.2	35.61	45		2			
17° 11'	74° 02'	Apr. 28	1900			22.7	35.59	46					
17° 20'	73° 36'	Apr. 28	2215			21.3	35.39	47					
17° 29'	73° 17.5'	Apr. 29	0140			23.0	35.61	48		1			
17° 05'	72° 42'	Apr. 29	1130			19.7	35.10	55					
17° 05'	72° 15'	Apr. 29	1945			20.6	35.05	56					
17° 17'	72° 30.5'	May 1	2250			20.4	35.08	58		4			
17° 57'	72° 34'	May 2	0610			22.9	35.46	62		6			
18° 18.5'	72° 12'	May 2	0930			22.4	35.39	63		3			
18° 05'	71° 53'	May 2	1220			23.1	35.52	65		4			
18° 00'	71° 47'	May 2	1335			23.2	35.48	66					
17° 52.5'	71° 40'	May 2	1455			22.9	35.41	67		2			
17° 48.5'	71° 34'	May 2	1615			23.0	35.44	68					
17° 44'	71° 26.5'	May 2	1740			21.0	35.14	69					
17° 47'	71° 47'	May 5	1350			20.1	35.07	70					
16° 46.5'	72° 39.5'	May 6	1100			19.7	34.99	72					
16° 23.5'	73° 29'	May 6	1810			19.2	35.07	74					
15° 40'	74° 45'	May 8	1330			19.5	35.05	77					
15° 30'	75° 23'	May 8	2145			19.8	35.14	78		99			
15° 05'	75° 44'	May 9	0100			19.9	35.17	79		53			
14° 42'	76° 04'	May 9	0425			17.7	35.10	80					
13° 51'	76° 31'	May 9	1115			18.2	35.10	82					
13° 22'	76° 32'	May 9	2100			19.4	35.17	83		18			
12° 57.8'	76° 48'	May 10	0015			18.8	35.16	84		190			
12° 32'	77° 03'	May 10	0330			20.0	35.23	85		20			

BONDY CRUISE
5809

12° 03'	77° 20'	Sept. 5	1900	15	0-15	15.6	34.97	1		2			
12° 02'	77° 39'	Sept. 5	2215	15	0-15	15.4	35.01	3					
12° 02'	78° 04'	Sept. 6	0100	15	0-15	16.2	35.05	5					
11° 37'	78° 17'	Sept. 6	0505	15	0-15	16.1	35.05	6					
9° 54'	79° 11'	Sept. 6	2200	15	0-15	17.8	35.26	10					
9° 31'	79° 23'	Sept. 7	0240	15	0-15	18.3	35.34	11		2			
9° 27'	79° 15'	Sept. 7	0445	15	0-15	18.4	35.34	12		44			
9° 22'	79° 05'	Sept. 7	0700	15	0-15	18.4	35.34	13		96			
9° 19'	79° 00'	Sept. 7	0800	15	0-15	17.7	35.26	14		30			
9° 15'	78° 52'	Sept. 7	0940	15	0-15	16.5	35.08	15		5			
9° 05'	79° 38'	Sept. 10	1530	11	0-15	18.4	35.34	17					
8° 41'	79° 58'	Sept. 10	1905	15	0-15	18.5	35.37	18					
8° 41'	80° 03'	Sept. 10	2035	15	0-15	18.5	35.35	19		18			
8° 15'	80° 16'	Sept. 11	0001	15	0-15	17.4	35.25	20		21			
7° 49'	80° 28'	Sept. 11	0330	15	0-15	16.9	35.08	21		62			
7° 06'	80° 21'	Sept. 11	1210	15	0-15	16.5	34.96	25		1			
7° 02'	80° 14'	Sept. 11	1340	15	0-15	16.4	35.01	26		26			
6° 52'	80° 07'	Sept. 13	0908	15	0-15	15.4	35.03	28		72			
6° 43'	80° 17'	Sept. 13	1030	15	0-15	15.9	35.05	29		5			
6° 54'	80° 26'	Sept. 13	1213	15	0-15	16.3	35.05	30		109			
6° 55'	80° 33'	Sept. 13	1335	15	0-15	16.6	35.03	31		487			
6° 57'	80° 50'	Sept. 14	1635	15	0-15	16.9	35.05	33		45			
6° 58'	80° 57'	Sept. 14	1758	15	0-15	17.0	35.08	34					
6° 38'	81° 20'	Sept. 14	2140	15	0-15	16.9	35.10	35					
6° 18'	81° 47'	Sept. 15	0125	15	0-15	17.0	35.08	36		17			
5° 55'	82° 20'	Sept. 15	0515	15	0-15	17.0	35.08	37		11			
5° 55'	82° 08'	Sept. 15	0646	15	0-15	16.9	35.08	38	14	22			
5° 54'	82° 00'	Sept. 15	0814	15	0-15	16.8	35.08	39	5	19			
5° 53'	81° 54'	Sept. 15	0946	15	0-15	16.6	35.08	40	3	19			
5° 52'	81° 46'	Sept. 15	1112	15	0-15	16.4	35.08	41		4			
5° 51'	81° 37'	Sept. 15	1240	15	0-15	16.3	35.08	42		2			
5° 14'	81° 13'	Sept. 16	1708	15	0-15	16.9	35.01	43					

[illegible]

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

BONDY CRUISE
5809

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedoti	S. bieri	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
°Lat. S	°Long. W												
1958													
5° 14'	81° 21'	Sept. 16	1814	15	0-15	16.8	35.03	44					
5° 14'	81° 30'	Sept. 16	1940	15	0-15	16.6	35.07	45		1			
5° 15'	81° 35'	Sept. 16	2100	15	0-15	16.3	35.07	46		2			1
5° 15'	81° 51'	Sept. 16	2227	15	0-15	16.4	35.07	47		4			
5° 15'	82° 02'	Sept. 16	2359	15	0-15	16.5	35.05	48		22			
4° 54'	82° 16'	Sept. 17	0300	15	0-15	16.0	35.03	49		20			
4° 31'	82° 18'	Sept. 17	0632	15	0-15	17.5	34.90	50	35	40			
4° 31'	82° 10'	Sept. 17	0704	15	0-15	18.2	34.76	51	37	30			
4° 32'	82° 01'	Sept. 17	0828	15	0-15	17.9	34.83	52	2	1			
4° 32'	81° 53'	Sept. 17	1000	15	0-15	17.4	34.90	53	47				
4° 33'	81° 45'	Sept. 17	1126	15	0-15	17.1	34.94	54	15	8			
4° 33'	81° 34'	Sept. 17	1253	15	0-15	16.6	35.01	55					
4° 39'	81° 24'	Sept. 18	1402	15	0-15	16.2	35.01	56		3			2
4° 51'	81° 16'	Sept. 18	1620	15	0-15	16.3	35.01	57					1
		Sept. 20	0855	15	0-15	15.9	35.01	58					
5° 23'	81° 13'	Sept. 20	1404	15	0-15	16.9	35.19	59		2			
6° 04'	81° 12'	Sept. 21	1224	15	0-15	16.6	35.01	61					4
6° 31'	80° 47'	Sept. 23	1111	15	0-15	16.7	35.03	62		3			
6° 50'	80° 23'	Sept. 23	1501	15	0-15	16.7	35.03	63		107			
7° 10'	79° 56'	Sept. 23	1857	15	0-15	17.0	35.07	64		10			
7° 34'	79° 37'	Sept. 24	1312	14	0-15	15.7	35.05	65		12			4
7° 48'	79° 30'	Sept. 24	1600	15	0-15	16.1	35.01	66		73			3
		Sept. 25	0003	15	0-15	15.9	34.97	67		302			
8° 17'	79° 09'	Sept. 25	0257	15	0-15	16.0	34.99	68		157			
8° 32'	78° 58'	Sept. 25	0832	15	0-15	15.3	34.97	69		1			
8° 50'	78° 50'	Sept. 25	1430	15	0-15	16.3	34.85	70		74			
9° 29'	78° 32'	Sept. 26	0434	15	0-15	15.4	34.92	71		3			
9° 48'	78° 25'	Sept. 26	0723	15	0-15	15.2	34.92	72		1			
		Sept. 26	1040	15	0-15	14.2	34.88	73		3			
10° 12'	78° 12'	Sept. 26	1853	15	0-15	15.8	34.90	74		44			
10° 36'	78° 02'	Sept. 26	2232	15	0-15	17.2	35.08	75		46			
11° 02'	77° 53'	Sept. 27	0203	15	0-15	15.6	34.97	76		4			
11° 23'	77° 45'	Sept. 27	0930	15	0-15	15.7	34.97	77		31			

BONDY CRUISE
5811

12° 27'	77° 04'	Nov. 10	1620	15	0-15	18.6	34.94	1		1			
12° 54'	76° 53'	Nov. 10	2020	15	0-15	18.6	34.96	2		20			
13° 15'	76° 46.5'	Nov. 11	0015	15	0-15	18.2	34.96	3		25			
13° 37'	76° 39'	Nov. 11	0410	15	0-15	17.6	34.94	4					
14° 42'	76° 03'	Nov. 11	1635	15	0-15	14.6	34.92	7					
15° 38'	74° 49'	Nov. 14	1200	15	0-15	14.8	34.88	9		2			
16° 24'	73° 27'	Nov. 16	1045	15	0-15	18.8	35.03	12		6			
17° 15'	71° 51'	Nov. 19	1020	15	0-15	17.0	34.76	16					
17° 42'	71° 31'	Nov. 21	1340	15	0-15	20.0	35.03	18					
17° 45'	71° 41'	Nov. 21	1515	15	0-15	20.5	35.08	19					
17° 47'	71° 50'	Nov. 21	1645	15	0-15	20.5	35.07	20		3			
17° 49.8'	72° 00'	Nov. 21	1815	15	0-15	21.3	35.10	21					
17° 52'	72° 09'	Nov. 21	1955	15	0-15	21.2	35.10	22		9			
13° 47'	76° 26.5'	Nov. 28	0640	15	0-15	19.7	34.90	27					

BONDY CRUISE
5903

1959													
11° 52'	77° 25'	Mar. 31	2100	15	0-15	19.5	34.99	1		3			
10° 02'	78° 25'	Apr. 1	1510	15	0-15	19.1	35.03	5					
9° 10'	78° 45'	Apr. 1	2105	15	0-15	19.4	35.12	7	1	30			
9° 05'	78° 42'	Apr. 3	0717	15	0-15	19.6	35.07	8		3			
8° 53'	78° 52'	Apr. 3	0930	15	0-15	20.3	35.12	9		7			
8° 35'	79° 01'	Apr. 3	1200	15	0-15	19.7	34.70	10		4			
8° 32'	78° 58'	Apr. 3	1250	15	0-15	19.8	34.70	11					
8° 06'	79° 20'	Apr. 4	1000	15	0-15	19.7	34.88	12					
7° 53'	79° 26'	Apr. 4	1236	15	0-15	20.2	34.97	13					
7° 41'	79° 34'	Apr. 4	1333	15	0-15	20.1	34.99	14					
7° 29'	79° 43'	Apr. 5	0815	15	0-15	19.6	34.99	16		1			
7° 12'	79° 54'	Apr. 6	0315	15	0-15	19.4	34.99	17		6			
6° 56'	80° 06'	Apr. 6	0541	20	0-15	19.7	34.97	18		18			
6° 41'	80° 32'	Apr. 8	0420	15	0-15	20.2	34.97	19		6			

<i>S. enflata</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. popovicii</i>	<i>S. pseudoserrata-dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>S. lasmanica</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
1*								1											
25*		2					2					1							
61*		4					1												
153*		8			3			88											
52*					1		4	9			4								
								10			1								
								14			3								
8*	2											1							
11*					2			6										1	
								47										3	
								8										2	
								3											
84*					6														2
15*	1																		
					1													1	
10*		1			2													7	
79*		8			6													25	
5*																		4	1
2*		2			1		17											6	
					5		3												
5*																		18	
37*	1																		2
1*																		1	
6*																			
13	1				1													1	3
4																			
1					12		2												
12*					1														
23*					4		2												1
					31		1												
20*								2										2	1
12*					3														
20*					3			5											
2								2											
4*		5			34		1												2
1		8					3												4
25*					1														1
3					1														
14*		6						1	11				1			1			4
																			1
		3			1														1
		3			5														
15*					1			4											
58*					72			5											25
33*	18				95			4											12
34*	8				161		20		1								1		13

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

BONDY CRUISE
5903

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	<i>S. bedoffi</i>	<i>S. bieri</i>	<i>S. bipunctata</i>	<i>S. californica</i>	<i>S. decipiens</i>
°Lat. S	°Long. W												
1959													
6° 30'	80° 52'	Apr. 8	0705	15	0-15	20.2	34.97	20					
6° 10'	81° 15'	Apr. 8	2051	15	0-15	20.4	34.92	21	3				
5° 40'	81° 15'	Apr. 9	0116	15	0-15	20.3	34.97	22					
5° 12'	81° 23'	Apr. 9	0532	15	0-15	20.4	34.92	23			1		
5° 17'	81° 29'	Apr. 9	1625	15	0-15	20.9	34.85	24	1	7			
4° 13'	81° 20'	Apr. 11	0853	15	0-15	21.9	34.76	26					
3° 44'	80° 59'	Apr. 11	1408	15	0-15	25.6	33.62	28					
3° 30'	80° 46'	Apr. 11	1541	15	0-15	26.6	32.21	29	11				
3° 28'	80° 56'	Apr. 11	1824	15	0-15	25.6	34.05	30	8				
3° 26'	81° 06'	Apr. 11	2002	20	0-15	25.2	34.67	31	166				
3° 33'	81° 05'	Apr. 11	2112	15	0-15	24.6	34.42	32	24				
3° 32'	81° 15'	Apr. 11	2300	15	0-15	24.6	34.52	33	7				
3° 24'	81° 17'	Apr. 12	0024	16	0-15	24.6	34.69	34	313				
3° 20'	81° 36'	Apr. 12	0347	15	0-15	24.4	34.81	36	427				
3° 37'	81° 54'	Apr. 12	0725	15	0-15	24.4	34.81	37	128				
4° 02'	82° 16'	Apr. 12	1102	15	0-15	24.4	34.78	38	98				
4° 05'	82° 07'	Apr. 12	1238	15	0-15	24.5	34.79	39	273				
4° 09'	81° 57'	Apr. 12	1427	15	0-15	24.5	34.76	40	157				
4° 12'	81° 48'	Apr. 12	1600	15	0-15	23.9	34.74	41	344				
4° 16'	81° 39'	Apr. 12	1746	15	0-15	23.1	34.76	42	144				
4° 35'	81° 29'	Apr. 15	0827	15	0-15	20.2	34.94	43	26				
4° 35'	81° 38'	Apr. 15	1007	15	0-15	20.3	34.92	44	132				
4° 35'	81° 48'	Apr. 15	1142	15	0-15	20.6	35.01	45	54				
4° 35'	81° 58'	Apr. 15	1320	15	0-15	20.8	35.01	46	72				
4° 35'	82° 08'	Apr. 15	1455	15	0-15	21.3	34.97	47	2				
4° 35'	82° 24'	Apr. 15	1705	15	0-15	21.7	34.85	48	16				
5° 05'	82° 24'	Apr. 15	2132	15	0-15	20.7	34.99	49	12	14			
5° 35'	82° 24'	Apr. 16	0150	15	0-15	21.6	34.92	50		44			
5° 45'	82° 24'	Apr. 16	0400	15	0-15	21.8	34.90	51		29			
5° 45'	82° 12'	Apr. 16	0550	15	0-15	21.7	34.92	52	7	16			
5° 45'	82° 03'	Apr. 16	0722	15	0-15	21.6	34.96	53		37			
5° 45'	81° 53'	Apr. 16	0903	14	0-15	21.1	34.92	54	2	44			
5° 45'	81° 42'	Apr. 16	1036	15	0-15	21.1	34.92	55		80			
5° 45'	81° 34'	Apr. 16	1154	15	0-15	21.2	34.85	56		120			
5° 45'	81° 24'	Apr. 16	1335	15	0-15	21.3	34.94	57					
5° 50'	81° 18'	Apr. 18	1006	15	0-15	20.6	34.96	58	7				
6° 04'	81° 18'	Apr. 18	1245	15	0-15	21.1	34.92	59		20			
6° 04'	81° 28'	Apr. 18	1421	15	0-15	21.5	34.94	60		88			
6° 04'	81° 38'	Apr. 18	1603	14	0-15	21.2	34.92	61		28			
6° 04'	81° 48'	Apr. 18	1745	15	0-15	21.7	34.94	62		20			
6° 04'	81° 59'	Apr. 18	1923	15	0-15	22.0	34.92	63	6	22			
6° 04'	82° 09'	Apr. 18	2102	15	0-15	22.0	34.96	64	4	38			
6° 22'	81° 45'	Apr. 19	0122	15	0-15	21.8	34.96	65		42			
6° 40'	81° 21'	Apr. 19	0546	15	0-15	21.8	34.94	66	2	30			
6° 57'	81° 03'	Apr. 19	1006	15	0-15	20.8	35.01	67		1			
6° 57'	80° 42'	Apr. 19	1135	15	0-15	21.3	34.96	68		2			
6° 57'	80° 28'	Apr. 19	1137t	15	0-15	20.4	34.99	69		7			
6° 56'	80° 23'	Apr. 20	0115	15	0-15	19.7	34.99	70		2			
6° 56'	80° 14'	Apr. 20	0251	15	0-15	18.9	35.03	71		5			
6° 56'	80° 06'	Apr. 20	0420	15	0-15	18.4	35.05	72					
7° 12'	80° 55'	Apr. 21	1124	15	0-15	22.2	35.08	77		16			
7° 35'	80° 35'	Apr. 21	1547	11	0-15	23.0	35.10	78	7	33			
7° 59'	80° 17'	Apr. 21	2015	15	0-15	23.2	35.14	79	54	36			
7° 59'	80° 07'	Apr. 21	2206	15	0-15	21.1	35.05	80	5	19			
7° 59'	79° 57'	Apr. 21	2343	15	0-15	21.2	35.10	81		8			
7° 59'	79° 46'	Apr. 22	0120	15	0-15	20.4	35.03	82		7			
7° 59'	79° 31'	Apr. 22	0246	15	0-15	19.1	35.05	83		2			
8° 29'	79° 58'	Apr. 22	2237	15	0-15	21.3	35.05	90		4			
9° 01'	79° 57'	Apr. 23	0246	15	0-15	23.4	35.23	91		29			
9° 01'	79° 57'	Apr. 23	0335	15	0-15	23.4	35.23	92		27			
8° 57'	79° 04'	Apr. 23	0530	15	0-15	22.8	35.19	93	2	56			
8° 55'	79° 36'	Apr. 23	0712	15	0-15	22.1	35.23	94	2	59			
8° 52'	79° 26'	Apr. 23	0853	15	0-15	21.6	35.25	95					
8° 49'	79° 17'	Apr. 23	1032	15	0-15	20.7	35.21	96	2				
8° 46'	79° 07'	Apr. 23	1225	15	0-15	20.5	35.19	97	2				
8° 44'	79° 00'	Apr. 23	1447	15	0-15	19.9	34.99	98		5			
8° 51'	78° 54'	Apr. 23	1720	15	0-15	19.2	34.88	99		39			

t—time error

<i>S. enflata</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. popovicii</i>	<i>S. pseudoserrato-</i> <i>dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>S. tasmanica</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
20*					5		2	2											
524*		41			30		197	11				1	1				35		312
14*		10			16		113	78				3					6		1
233*		110			129		10					3					6		119
259*		89			110		23	18				2							113
386*		27			106		34	163				3							162
463*		10			427		107	80				22							237
356*		5			288	4	45	56				9	1						136
343*		29			808		67	2				12							492
267*		10			213		158	8				55	1				62		429
266*		55			668		98	13				9					57		658
31*		3			6		46	8				9					49		32
716*		6			19		115	15				98					487		247
796*		5			9	19	53	329	226		8	59	1				50		209
341*		16				4	245	3			21	55	10				2		125
228*		25			1	20	63				60	12	2						341
289*		10			2	13	59	2			20	13	2						249
213*						21	63	4			5	30							135
1002*		2				36	174	46			18	22	2						304
577*		6			31	2	75	40			2	15					4		465
209*		31			35		20	29									2		34
196*		102			158		66	16											104
186*		394			364		146										2		258
324*		596			432		172	4									4		472
126*		20			171		5	2				1					1		66
404*		12			100		170	56				4					18		38
134*		62			98		62	4									26		158
240*		32			212		100										48		252
62*		12			87		140					2	5				32		104
127*		16			116		77	4				4	2				50		208
119*		104			126		131	3				2					21		145
99*		145			116		65	3									1		132
52*		288			126		76												254
48*		316			270		66	2											358
10*		3			3		3	1				2							3
75*		44			34		9	2									1		7
1244*		56			456		88	120											192
704*		192			264		64	8									8		376
84*		170			101		174	4				77	2				2		137
38		48			22		48					16					24		118
22*		28			12		106	8				24					32		194
102		34			24		288	6				16	4				10		216
174		26			10		128					66	6				18		94
50		36			54		18	10									2	2	76
		1																	3
7*		3			19		10												1
3*		1			2		2					1							
1		5			29		1												3
					4														
1672*		56					40												40
14*		3					78												19
220*		2			7		40					24	5						23
76*		1			4		2												13
108*					2		6					1	2				11		
64*					6														
1					22														2
103*							2												2
25							97					3	2						27
20		9					112					2	2						33
16		4					99					2							23
143*					1		5					8							21
1																			1
31*																			
1												1							
50*		1			5														2
		5			72														

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

BONDY CRUISE
5906

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedoli	S. bieri	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
°Lat. S	°Long. W												
1959													
12° 26'	77° 40'	June 12	1755	15	0-15	17.6	35.16	4		1			
12° 33'	77° 46'	June 12	1930	15	0-15	18.2	35.21	5		15			
12° 42'	77° 55'	June 12	2105	15	0-15	18.2	35.19	6		2			
13° 12'	77° 35'	June 13	0145	15	0-15	17.1	35.10	7		29			
13° 40'	77° 28'	June 13	0600	15	0-15	18.4	35.25	8		53			
13° 52'	76° 51'	June 13	1110	15	0-15	17.2	35.17	11		1			
13° 57'	77° 02'	June 13	1243	15	0-15	18.9	35.32	12		20			
14° 02'	77° 11'	June 13	1420	15	0-15	19.1	35.32	13		46			
14° 07'	77° 18'	June 13	1555	15	0-15	19.0	35.34	14		178			
14° 42'	76° 47'	June 13	2000	15	0-15	18.6	35.30	15		35			
15° 20'	76° 24'	June 14	0010	15	0-15	17.8	35.25	16		127			
15° 39'	76° 13'	June 14	0450	15	0-15	17.3	35.16	17		23			
16° 12'	75° 52'	June 14	0900	15	0-15	18.7	35.35	18		11			
16° 31'	75° 30'	June 14	1300	15	0-15	19.4	35.39	19		11			
16° 45'	75° 03'	June 14	1705	15	0-15	19.1	35.34	20		20			
17° 08'	74° 06'	June 15	0135	15	0-15	18.6	35.41	22		69			
17° 17'	74° 37'	June 15	0540	15	0-15	18.2	35.28	23		14			
17° 26'	73° 07'	June 15	0945	15	0-15	17.6	35.10	24		23			
17° 34'	72° 43'	June 15	1310	15	0-15	18.0	35.10	25		22			
17° 36'	72° 38'	June 15	1436	5	0-15	18.0	34.99	26					
17° 27'	72° 34'	June 15	1612	15	0-15	18.5	35.16	27					
17° 18'	72° 29'	June 15	1746	15	0-15	18.7	35.30	28		1			
17° 09'	72° 24'	June 15	1921	15	0-15	17.5	34.97	29		30			
17° 03'	72° 12'	June 17	1442	15	0-15	17.5	34.97	30		1			
17° 21'	71° 47'	June 17	18:-	15	0-15	17.0	34.99	31		91			
17° 36'	71° 26'	June 17	2130	15	0-15	17.6	35.07	32		133			
17° 45'	71° 31'	June 19	1852	15	0-15	17.9	35.12	33		39			
17° 50'	71° 40'	June 19	2018	15	0-15	18.2	35.25	34		12			
17° 56'	71° 48'	June 19	2155	15	0-15	18.2	35.25	35		44			
18° 02'	71° 57'	June 19	2345	15	0-15	18.4	35.25	36		165			
18° 08'	72° 05'	June 20	0112	15	0-15	17.9	35.17	37		622			
18° 13'	72° 14'	June 20	0222	15	0-15	17.5	35.08	38		177			
18° 03'	72° 31'	June 20	0538	15	0-15	18.3	35.32	39		141			
17° 52'	72° 50'	June 20	0825	15	0-15	18.0	35.19	40		39			
16° 52'	72° 27'	June 20	1544	15	0-15	16.4	34.92	41		1			
16° 44'	72° 51'	June 21	0237	15	0-15	17.3	35.10	42		6			
16° 32'	73° 18'	June 21	0645	15	0-15	18.4	35.34	43		17			
16° 18'	73° 46'	June 21	1916	15	0-15	18.6a	34.92	44		4			
16° 23'	73° 52'	June 21	2059	15	0-15	15.8	34.97	45		49			
16° 29'	73° 59'	June 21	2026	15	0-15	16.4	35.07	46		17			
16° 35'	74° 08'	June 22	0005	15	0-15	18.2	35.30	47		147			
16° 42'	74° 16'	June 22	0130	15	0-15	18.5	35.41	48		102			
16° 51'	74° 26'	June 22	0302	15	0-15	18.6	35.43	49		122			
16° 00'	74° 19'	June 22	0922	15	0-15	16.6	35.12	50		39			
15° 43'	74° 43'	June 23	0250	15	0-15	16.0	35.08	51		79			
15° 27'	75° 09'	June 23	1237	15	0-15	14.6		52		5			
15° 28'	75° 19'	June 24	0933	15	0-15	15.7	35.03	54					
15° 37'	75° 26'	June 24	1106	15	0-15	15.6	35.08	55		1			
15° 44'	75° 33'	June 24	1733	15	0-15	17.8	35.32	56		47			
15° 52'	75° 40'	June 24	1404	15	0-15	17.8	35.32	57		7			
15° 58'	75° 48'	June 24	1544	15	0-15	18.6	35.44	58		53			
15° 35'	76° 07'	June 24	1945	15	0-15	18.4	35.46	59		83			
15° 26'	76° 00'	June 24	2127	15	0-15	16.4	35.12	60		37			
15° 19'	75° 53'	June 24	2306	15	0-15	16.4	35.17	61		9			
15° 10'	75° 49'	June 25	0034	15	0-15	16.5	35.16	62		3			
15° 01'	75° 44'	June 25	0208	15	0-15	15.7	35.14	63		540			
13° 36'	76° 40'	June 25	2210	15	0-15	16.2	35.17	67		1			
13° 15'	76° 49'	June 26	0246	15	0-15	16.7	35.21	68					
12° 17'	77° 13'	June 26	1021	15	0-15	16.1aa	35.21	70		2			

a—Alternate value 14.6

aa—Alternate value 17.1

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

BONDY CRUISE
6003

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰/‰	Sta. No.	S. bedoti	S. bierli	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
°Lat. S	°Long. W												
1960													
11° 48'	78° 05'	Mar. 18	1848	15	0-15	20.1		3		4			
11° 34'	78° 17'	Mar. 18	2038	15	0-15	21.1		4		6			
11° 20'	78° 30'	Mar. 18	2213	15	0-15	21.3		5		5			
10° 52'	78° 45'	Mar. 18	0205	15	0-15	21.2		6		28			
10° 26'	78° 58'	Mar. 19	0532	15	0-15	21.1		7		9			
9° 06'	78° 56'	Mar. 23	0105	20	0-15	21.2		16		2			
9° 05'	79° 07'	Mar. 23	0240	20	0-15	21.2		17		16			
9° 04'	79° 17'	Mar. 23	0417	20	0-15	21.3		18		7			
9° 05'	79° 27'	Mar. 23	0558	20	0-15	21.4		19		44			
9° 06'	79° 37'	Mar. 23	0740	20	0-15	21.6		3		8			
9° 10'	79° 49'	Mar. 23	0924	20	0-15	22.0		21					
9° 02'	79° 56'	Mar. 23	1139	20	0-15	22.4		22					
8° 52'	79° 57'	Mar. 23	1540	20	0-15	22.5		23		1			
8° 31'	80° 21'	Mar. 23	1928	20	0-15	22.6		24		12			
8° 06'	80° 39'	Mar. 24	0012	20	0-15	22.8		25		40			
7° 27'	80° 45'	Mar. 24	0400	20	0-15	21.2		26		2			
7° 07'	80° 40'	Mar. 24	0805	20	0-15	20.7		27		3			
6° 31'	80° 54'	Mar. 25	0920	20	0-15	19.4		28		10			
6° 06'	81° 12'	Mar. 26	0110	20	0-15	17.8		29		45			
5° 45'	81° 09'	Mar. 26	0520	20	0-15	18.4		30		4			
5° 15'	81° 13'	Mar. 26	1450	20	0-15	21.1		31		1			
4° 45'	81° 21'	Mar. 27	0830	20	0-15	20.4		32					
4° 35'	81° 27'	Mar. 29	1132	20	0-15	19.1		33		48			
4° 35'	81° 37'	Mar. 29	1308	20	0-15	19.4		34		87			
4° 34'	81° 48'	Mar. 29	1438	20	0-15	20.1		35		39			
4° 34'	81° 57'	Mar. 29	1606	20	0-15	20.1		36	4	12			
4° 33'	82° 07'	Mar. 29	1745	20	0-15	21.5		37	16	54			
4° 33'	82° 17'	Mar. 29	1914	20	0-15	21.7		38	128	108			
5° 02'	82° 08'	Mar. 29	2301	20	0-15	20.9		39	8	96			
5° 31'	81° 59'	Mar. 30	0249	20	0-15	20.1		40		12			
5° 34'	81° 49'	Mar. 30	0434	20	0-15	19.7		41	4	13			
5° 37'	81° 40'	Mar. 30	0605	20	0-15	19.1		42		44			
5° 40'	81° 31'	Mar. 30	0751	20	0-15	18.0		43		63			
5° 43'	81° 22'	Mar. 30	0936	20	0-15	17.6		44		204			
6° 37'	80° 48'	Mar. 31	2156	20	0-15	19.8		46		20			
6° 42'	80° 36'	Mar. 31	2327	20	0-15	19.1		47		9			
6° 46'	80° 26'	Apr. 1	0103	20	0-15	18.6		48		14			
6° 50'	80° 15'	Apr. 1	0230	20	0-15	18.6		49		5			
6° 55'	80° 07'	Apr. 1	0408	20	0-15	18.7		50					
7° 09'	79° 58'	Apr. 2	0258	20	0-15	18.1		51					
7° 17'	79° 48'	Apr. 2	1331	20	0-15	18.1		52					
8° 42'	79° 11'	Apr. 4	0357	20	0-15	19.6		56		28			
8° 52'	79° 23'	Apr. 4	0609	20	0-15	21.0		57		49			
9° 02'	79° 25'	Apr. 4	1244	20	0-15	21.2		58					
10° 04'	79° 11'	Apr. 4	1913	20	0-15	21.4		60		8			
10° 15'	78° 49'	Apr. 4	2206	20	0-15	21.3		61		2			
10° 26'	78° 28'	Apr. 4	2206t	20	0-15	20.0		62		7			
10° 34'	78° 14'	Apr. 5	0006	20	0-15	19.4		63		27			

t—time error

BONDY CRUISE
6004

12° 18'	77° 31'	Apr. 27	2250	20	0-15	18.0		3		1			
12° 25'	77° 38'	Apr. 28	0027	20	0-15	18.9		4		2			
12° 32'	77° 45'	Apr. 28	0207	20	0-15	19.2		5		17			
12° 39'	77° 52'	Apr. 28	0342	20	0-15	19.6		6		14			
14° 09'	77° 17'	Apr. 29	1805	20	0-15	20.8		14		2			
14° 35'	76° 58'	Apr. 29	2259	20	0-15	20.1		15		23			
15° 00'	76° 41'	Apr. 30	0155	20	0-15	20.3		16		15			
15° 25'	76° 24'	Apr. 30	0540	20	0-15	21.0		17		1			
15° 49'	76° 07'	Apr. 30	0926	20	0-15	21.6		18		4			
16° 10'	75° 44'	Apr. 30	1305	20	0-15	21.0		19		9			
16° 25'	75° 18'	Apr. 30	1654	20	0-15	20.8		20		3			
16° 41'	74° 53'	Apr. 30	2046	20	0-15	21.9		21		33			
17° 12'	74° 03'	May 1	0416	20	0-15	21.3		23		10			
17° 20'	73° 33'	May 1	0800	20	0-15	21.2		24		3			
17° 28'	73° 02'	May 1	1146	20	0-15	21.8		25		16			
17° 22'	72° 52'	May 1	1347	20	0-15	23.2		26		5			
17° 17'	72° 40'	May 1	1545	20	0-15	23.5		27		1			

[illegible]

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

TABLA 1. (continuación)										Number / 1000 m ³				
BONDY CRUISE 6004										S. beddii	S. bierli	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰/‰	Sta. No.						
°Lat. S	°Long. W													
1960														
17° 11'	72° 30'	May 1	1749	20	0-15	23.2		28		35				
17° 06'	72° 19'	May 1	1933	20	0-15	22.8		29		12				
17° 20'	71° 45'	May 3	0421	20	0-15	22.5		30		3				
17° 45'	71° 33'	May 4	0135	20	0-15	22.6		31		23				
17° 50'	71° 44'	May 4	0350	20	0-15	22.6		32		8				
17° 55'	71° 55'	May 4	0504	20	0-15	22.8		33						
18° 00'	72° 06'	May 4	0653	20	0-15	22.1		34						
18° 05'	72° 16'	May 4	0837	20	0-15	23.0		35						
16° 43'	72° 58'	May 5	0720	21	0-15	20.2		37						
16° 30'	73° 26'	May 5	1050	20	0-15	19.2		38		1				
16° 25'	73° 53'	May 6	0202	20	0-15	20.4		39		2				
16° 35'	74° 04'	May 6	0400	20	0-15	21.2		40		5				
16° 45'	74° 15'	May 6	0550	20	0-15	21.0		41		17				
15° 42'	74° 45'	May 7	0538	20	0-15	16.5		42						
15° 45'	75° 32'	May 9	1406	20	0-15	20.4		45		13				
15° 57'	75° 41'	May 9	1559	20	0-15	20.2		46		1				
15° 35'	76° 02'	May 9	1921	20	0-15	19.4		47		2				
15° 25'	75° 54'	May 9	2056	20	0-15	19.5		48		16				
15° 16'	75° 47'	May 9	2240	20	0-15	19.2		49		16				
15° 06'	75° 39'	May 10	0017	20	0-15	17.4		50		2				
13° 24'	76° 43'	May 10	1908	20	0-15	18.2		54		1				
BONDY CRUISE 6010														
1960														
8° 06'	80° 03'	Oct. 12	1600	15	0-15	17.5	35.19	14						
8° 19'	80° 26'	Oct. 12	2000	(assumed)		17.0	35.21	16		1				
8° 46'	81° 14'	Oct. 13	0442			18.1	35.30	19		38				
9° 41'	81° 47'	Oct. 13	1735			18.2	35.23	23		15				
10° 07'	81° 32'	Oct. 13	2210			18.2	35.30	24		1				
10° 38'	81° 22'	Oct. 14	0300			17.6	35.23	25		101				
10° 22'	80° 57'	Oct. 14	0640			17.8	35.28	26		14				
10° 11'	80° 37'	Oct. 14	0955			17.4	35.30	27		4				
9° 29'	79° 49'	Oct. 14	1630			18.0	35.37	29		1				
9° 23'	79° 30'	Oct. 14	1940			18.0	35.37	30		35				
9° 15'	79° 12'	Oct. 14	2240			17.7	35.26	31		6				
10° 53'	79° 05'	Oct. 17	0200			17.2	35.23	36		4				
13° 19'	79° 30'	Oct. 18	0005			17.3	35.37	41		6				
13° 00'	78° 54'	Oct. 18	0514			17.1	35.34	43		10				
BONDY CRUISE 6011														
1960														
12° 30'	78° 10'	Nov. 1	0630	20	0-15	17.0	35.21	51		5				
12° 39'	78° 29'	Nov. 1	1350	20	0-15	17.8	35.30	52						
12° 47'	78° 47'	Nov. 1	1650	46	0-15	18.2	35.30	53						
13° 06'	79° 25'	Nov. 1	2305	20	0-15	18.1	35.37	55						
13° 23'	80° 02'	Nov. 2	0705	20	0-15	18.0	35.21	57		1				
13° 02'	80° 24'	Nov. 2	1430	20	0-15	17.8	35.37	58		4				
14° 04'	79° 55'	Nov. 2	1910	27	0-15	18.3	35.16	59		5				
15° 06'	79° 00'	Nov. 3	0825	25	0-15	17.8		61		2				
15° 37'	78° 30'	Nov. 3	1555	25	0-15	18.1		62						
16° 07'	78° 08'	Nov. 3	2230	20	0-15	17.3	35.08	63		2				
16° 38'	77° 41'	Nov. 4	0335	20	0-15	17.6	34.97	64		5				
17° 28'	71° 36'	Nov. 10	1530	20	0-15	17.2	34.78	82		3				
17° 57'	71° 09'	Nov. 11	1750	20	0-15	18.6	34.78	84						
18° 16'	71° 02'	Nov. 11	2015	20	0-15	20.2	34.94	85						
18° 25'	71° 22'	Nov. 12	0150	20	0-15	20.2		86						
18° 35'	71° 39'	Nov. 12	0420	30	0-15	19.7	35.01	87						

[illegible]

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

**BONDY CRUISE
6012**

TABLE 1. (continued)

TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

BONDY CRUISE
6012

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	<i>S. bedoti</i>	<i>S. bierli</i>	<i>S. bipunctata</i>	<i>S. californica</i>	<i>S. decipiens</i>
°Lat. S	°Long. W												
1960													
4° 34'	81° 18'	Feb. 13	1932	10	0-15	26.92	33.82	I A	3				
4° 34'	81° 27'	Feb. 13	1737	10	0-15	27.08	33.95	I B					
6° 50'	80° 07'	Feb. 17	1015	9	0-15	21.0	34.85	III B					
6° 50'	80° 17'	Feb. 17	0852	10	0-15	21.2	34.90	III C					
6° 50'	80° 28'	Feb. 17	0735	10	0-15	21.6	34.92	III D					
6° 50'	80° 49'	Feb. 17	0345	10	0-15	22.1	34.60	III F					
6° 50'	80° 57'	Feb. 17	0120	10	0-15	22.5	34.88	III G					
9° 02'	78° 51'	Feb. 21	1055	10	0-15	20.1	34.87	IV B		3			
9° 08'	79° 01'	Feb. 21	0928	10	0-15	21.3	34.96	IV C					
9° 32'	79° 32'	Feb. 21	0500	10	0-15	21.7	35.01	IV F					
10° 48'	78° 49'	Feb. 23	1720	10	0-15	22.8	35.17	V G					
12° 00'	77° 42'	Feb. 25	0055	10	0-15	21.1	35.08	VI D			20		
12° 03'	77° 52'	Feb. 24	2355	10	0-15	21.4	35.19	VI E			30		
12° 00'	78° 02'	Feb. 24	2045	10	0-15	22.1	35.19	VI F			98		
12° 00'	78° 15'	Feb. 24	1840	10	0-15	23.0	34.65	VI G			11		

[illegible]

TABLE 1. (continued)

TABLA 1. (continuación)

TABLE 1. (continued)		Number / 1000 m ³											
TABLA 1. (continuación)													
SHELLBACK													
Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedoti	S. bierli	S. bipunctata	S. californica	S. decipiens
°Lat. S	°Long. W												
1952													
9° 58'	95° 01'	June 28	1501	25	0-317	24.2		94		220			12
9° 30'	94° 08'	June 29	0006	25	0-324	23.9		95		90			
9° 00'	93° 16'	June 29	1016	25	0-325	23.9		96		80			
8° 20'	91° 13'	June 30	0530	26	0-314	23.5		98		110			
7° 50'	90° 26'	June 30	1431	25	0-316	23.4		99	70	480			10
7° 28'	89° 31'	July 1	2306	25	0-308	23.1		100	40	160			
7° 00'	88° 36'	July 1	0706	25	0-320	23.1		101		110			
6° 32'	87° 39'	July 1	2016	25	0-315	23.0		102	10	70			20
6° 03'	86° 43'	July 2	0711	25	0-313	21.4		103		1500			20
5° 48'	85° 54'	July 2	1421	35	0-313	20.9		104		960			
5° 18'	85° 04'	July 3	2206	25	0-318	20.9		105	80	1400			100
4° 48'	84° 12'	July 3	0826	25	0-314	19.6		106	90	1140			120
4° 30'	83° 13'	July 3	1855	26	0-325	19.2		107	45	400			45
4° 03'	82° 14'	July 4	0131	25	0-286	17.2		108	200	209			20
3° 41'	81° 30'	July 4	1701	25	0-344	18.5		109	410	700			
5° 10'	81° 30'	July 10	0011	25	0-300	16.4		110	130	270			
5° 46'	81° 56'	July 10	0526	25	0-314	18.4		111	90	500			20
6° 21'	82° 23'	July 10	1159	26	0-331	18.5		112		680			70
7° 00'	82° 50'	July 10	1920	25	0-324	17.1		113	12	190			12
7° 38'	83° 16'	July 11	0256	24	0-314	19.7		114		1690			
8° 16'	83° 42'	July 11	0951	25	0-309	19.1		115		980			
9° 08'	84° 11'	July 11	1725	26	0-329	20.5		116		590			30
8° 58'	83° 37'	July 11	2301	25	0-325	19.4		117		420			20
8° 49'	83° 02'	July 12	0811	25	0-307	17.8		118		570			
8° 38'	82° 22'	July 12	1416	25	0-314	17.4		119	13	410			
8° 35'	81° 47'	July 12	2011	25	0-325	17.1		120		380			14
8° 20'	80° 37'	July 13	1016	25	0-312	17.2		122		210			100
8° 46'	80° 50'	July 13	1616	24	0-314	17.4		123	12	500			12
9° 21'	81° 12'	July 13	2251	25	0-325	17.4		124		620			
9° 52'	81° 32'	July 14	0537	25	0-313	17.4		125		160			
10° 26'	81° 53'	July 14	1436	25	0-302	19.1		126		520			
10° 38'	81° 15'	July 14	2156	25	0-306	19.0		127		710			
10° 49'	80° 38'	July 15	0256	24	0-313	17.9		128		300			
10° 59'	80° 01'	July 15	0830	26	0-311	16.7		129		530			
11° 16'	79° 20'	July 15	1551	25	0-327	17.4		130		360			60
11° 32'	78° 41'	July 15	2316	25	0-299	16.8		131		9			
12° 24'	77° 54'	July 20	1951	25	0-320	16.0		132		440			
12° 38'	78° 29'	July 21	0151	25	0-280	15.9		133		820			
12° 52'	79° 05'	July 21	0721	25	0-328	17.2		134		910			
13° 08'	79° 48'	July 21	1526	25	0-306	17.0		135		1580			
13° 26'	80° 30'	July 21	2141	25	0-323	18.6		136		360			
13° 43'	81° 08'	July 22	0451	25	0-300	18.3		137		880			
14° 01'	81° 47'	July 22	1018	26	0-314	18.1		138		600			1
14° 09'	82° 26'	July 22	2116	30	0-299	18.8		139		430			
14° 14'	83° 06'	July 23	0237	25	0-310	18.7		140		390			
14° 33'	84° 05'	July 23	1116	25	0-306	19.3		141		1260			
14° 59'	85° 03'	July 23	1939	25	0-321	20.0		142		300			
13° 59'	84° 49'	July 24	0921	25	0-302	19.9		143		510			
12° 59'	85° 01'	July 24	1606	25	0-311	19.5		144		1520			30
11° 57'	85° 00'	July 24	2331	24	0-232	20.0		145		290			
10° 51'	85° 00'	July 25	0615	25	0-326	20.4		146		420			
8° 07'	84° 58'	July 26	0200	26	0-176	19.3		149		330			9
7° 10'	84° 58'	July 26	0906	25	0-310	20.4		150		390			40
6° 00'	84° 58'	July 26	1716	25	0-310	18.3		151		770			40
5° 02'	84° 59'	July 27	0051	25	0-300	19.1		152		300			120
4° 05'	85° 00'	July 27	0801	25	0-296	18.7		153		1040			
2° 59'	85° 00'	July 27	1541	25	0-315	19.1		154	40	540			
1° 56'	84° 59'	July 27-28	2351	25	0-311	19.9		155	110	660			90
0° 53'	84° 58'	July 28	0723	25	0-326	22.7		156	600	510			500
0° 02'N	85° 02'	July 28	1411	25	0-231	24.5		157	130	450			
2° 59'S	90° 02'	Aug. 9	0924	25	0-299	19.3		181	60	470			20
2° 20'	90° 28'	Aug. 9	1516	25	0-275	19.4		182	20	670			70
1° 52'	90° 48'	Aug. 9	2055	25	0-292	18.5		183	5	220			20
1° 12'	91° 06'	Aug. 10	0501	25	0-271	18.9		184	16	150			10

<i>S. enflata</i>	<i>S. friderici</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. planctonis</i>	<i>S. popovicii</i>	<i>S. pseudoserrata-dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>S. tasmanica</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
1130		290	12				340					20	40			50	120		630
1740		420	40		12		560					50	50			12	70	20	1530
1510		250	100				1770					120	50			80	12	12	920
1530		180	40		11		1060					40	2						580
3570		60	100				520				2	210					170	20	450
1200			120		12		920				2	400	240				280	160	1520
1880		170	170				170				20	90	220			20	390	40	2050
1090		20	120				680					70	50			10	70	10	1240
2100		350					290				70	190	70				230	260	760
1620		400	140		20		240					300	120				240	90	670
1530		310			30		520					210	150				100	260	570
640		200	90		120			1				200	60				120	500	260
6400		70	20		620		5				2	70	20				20	140	45
3660		400	20		70													20	
570		240	40		40	40						10	10			60		100	40
690		130																	
3800		270	20		50		160											20	90
3950		270	20		70		50									50		100	100
1580		120	20		60													130	12
450		120	20		11		180					11					30		170
660		120	20		50		1360												160
1040		30	110		80		1100					130					30	40	1050
890		110	90		30		290					11	4			11	70	40	290
170		130	20		60		60												60
1100		180	40		25												13	13	90
920		50	70		14		30												70
1760		250			20		20												12
2020		190	12		12		90										12	170	12
200		150			40		160										40		
140		120	6				100									6		6	40
420		110	50		9		130										50		70
1700		70			20		1080					12	12				70		260
420		24	12		12		160											12	60
600		50					140										50		25
800		40			20		150										20	60	6
3		17	1				3											2	
40		70	6		12		6										12		
140		10					10										10		
210		13			25		40										25	40	40
400		11					210												30
180		30			11		40						11				230	30	120
190		10			30		140										140	20	130
140		30			60		90									30	70		
130		30			40		60										200	11	240
200		20			40		130										380	20	230
690		20					380										380		360
690		20			50		370					12					670		760
660		40			10		150					40	2				290		1040
1130		30	50				940										40	30	220
950		50			16		450										140	16	610
2280		120	25		25		1250					70					50		1440
200		60					170					4							110
1870		260	90				890	1				90	30			16	30		170
620		70	40		240		180									40	130	20	180
550		30	100		11		80									60	30	130	280
3120		470	160		420		2200				50	20	20					160	1350
750		150	60		40		240	1			20	110	110			90		110	490
710		70	110		90		260				90	20	20			110	130	110	770
1320		300	60			100	70	1			420	12	12			50	60	530	230
610		40			20		100				260							90	220
1020		100	10			140	300					60	20				20	20	320
620		250	9		130				2		30	60					180	320	390
50	5	150			25				1		15	10						60	90
40	8	30			20		4					16					16	20	30

TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedfordi	S. bieri	S. bipunctatus	S. californicus	S. decipiens
° Lat. S	° Long. W												
1941													
12° 03'	77° 16'	May 6						1					
11° 58'	77° 42'	May 6						2	2				
11° 48'	78° 01'	May 6						3					
11° 25'	78° 14'	May 6	2000					4	1				
11° 05'	78° 25'	May 6	2300					5	10				
10° 43'	78° 37'	May 7	0200					6	1				
10° 22'	78° 49'	May 7	0300					7	2	1			
9° 59'	79° 02'	May 7	0800					8	3				
9° 18'	79° 28'	May 7	1400					10	1				
8° 51'	79° 41'	May 7	1700					11					
8° 28'	79° 53'	May 7	2000					12					
8° 06'	80° 06'	May 7	2300					13					
7° 44'	80° 18'	May 8	0200					14	1			1	
7° 22'	80° 32'	May 8	0500					15	30				
6° 58'	80° 47'	May 8	0800					16	10				
6° 36'	81° 02'	May 8	1100					17	1			3	
6° 13'	81° 16'	May 8	1400					18				1	
5° 52'	81° 28'	May 8	1700					19	18				
5° 29'	81° 42'	May 8	2000					20					
5° 07'	81° 55'	May 8	2300					21					
4° 45'	81° 50'	May 9	0200					22	1				
4° 24'	81° 35'	May 9	0500					23	5				
4° 06'	81° 19'	May 9	0800					24	3				
3° 51'	81° 00'	May 9	1100					25					
3° 42'	80° 45'	May 9	1400					26					

22° 18'	77° 17'	Jan. 5	0606	13	0-141			29b	433	
24° 15'	71° 32'	Jan. 5	0207	23	0-258	21.6	35.19	30	611	
22° 27'	78° 26'	Jan. 9	0425	28	0-278	19.2	35.06	31	492	
17° 18.5'	78° 18'	Jan. 10	0110	22	0-283			31b	432	3
13° 14'	77° 55.5'	Jan. 14	0015	24	0-257	23.9	35.22	32	690	
19° 02.5'	80° 21'	Jan. 24	0031	20	0-257	22.6	35.32	33a	456	

<i>S. enflata</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. lyra</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. popovicii</i>	<i>S. pseudoserrata-dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>S. tenuis</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
120							7												1
900	1						7												1
50							8						1						
40		5					80												40
7							6												3
4							5												2
20							30					1	5						30
4													2						
120		10					160						40	5					250
15	1	2					1						2				2		1
8	2	20					3										5		30
1		10	1				10						2	15			1		5
10		20												40					70
14		30			16		3						30	3			1		60
70	1		1			1	1					6	20	20			7		10
15					5		4					3	6	30			5		6
10	15	1			1									40			1		10
15	1	15					4							2			7		10
5		5					1							3			2		10
2		2	1		1		3					5	2	10					8
20			10				5						1						190
40		4					1							7					50
														120					1
40*					8											10		1	
461*				3	3		16									7		20	1
845*		81		70	526		232							14		279	4	36	17
227		17			41		283							47				30	139
1151*		244		3	41		279					22	11					38	455
183*		20			132		174	2								6		36	121

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

STEP-I

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰/‰	Sta. No.	S. bedoffi	S. bierlii	S. bijunctata
°Lat. S	°Long. W										
1960											
2° 06'	84° 14'	Sept. 28	0305	34	14	18.6	34.84	1		111	
			0305	34	38	17.2	34.89		666	95	
			0305	34	48	16.4	34.97		589	14	
			0429	30	147	14.4	35.01				
			0429	30	246	12.5	34.92				
			0429	30	308	10.9	34.74			214	
1° 01'	82° 02'	Sept. 29	1848	30	10	23.3	33.29	2		1809	
			1848	30	25	19.9	34.13		1885		
			1848	30	35	16.8	34.68		85	800	
			2015	30	60	14.9	35.04		120		
			2015	30	100	14.5	35.01		24	97	
			2015	30	200	13.8	34.97			14	
1° 50'	81° 41'	Oct. 1	0323	32	10	22.3	33.61	3	988		
			0323	32	30	18.2	34.64		341	77	
			0323	32	40	16.6	34.91				
			0430	20	65	14.9	35.02			74	
			0430	20	100	14.7	35.03			136	
			0430	20	200	13.4	34.97			226	
2° 13'	82° 00'	Oct. 1-2	2219	30	10	20.3	34.28	4	702		
			2219	30	33	20.0	34.38		65	532	
			2219	30	55	15.5	35.02			84	
			0001	30	71	15.0	35.02				73
			0001	30	122	14.2	35.00				109
			0001	30	193	13.10	34.97		858		
6° 02'	81° 18'	Oct. 8	0943	34	10	15.3	35.03	5			
			0943	34	49	14.9	35.02				
			0943	34	147	14.0	35.00				
6° 23'	81° 54'	Oct. 8	2011	30	14	17.2	35.06	6	191		187
			2011	30	41	16.1	35.05				
			2011	30	123	14.2	35.01				
6° 43'	82° 27'	Oct. 9	0503	30	13	17.6	35.06	7	39		157
			0503	30	66	14.1	35.02				
			0503	30	198	12.9	34.94				
7° 32'	83° 45'	Oct. 9	2302	30	32	18.00	34.09	9			750
			2302	30	79	14.1	35.00				214
			2302	30	118	13.4	34.95				
8° 55'	86° 12'	Oct. 11	0005	30	51	19.3	35.23	11			375
			0005	30	81	14.8	35.03				
			0005	30	122	13.5	34.96				
9° 47'	87° 39'	Oct. 11	1338	30	42	19.2	35.29	12			1312
			1338	30	79	14.9	35.01				162
			1338	30	158	12.1	34.89				58
10° 35'	89° 06'	Oct. 12	0328	32	63	19.7	35.49	13			558
			0328	32	125	14.2	34.91				102
			0328	32	210	11.6	34.85				35
11° 26'	90° 34'	Oct. 12	1737	30	51	19.5	35.59	14			2878
			1737	30	106	15.0	35.0				156
			1737	30	189	12.4	34.91				
15° 40'	87° 58'	Oct. 14	1355	30	71	18.8	35.55	16			45
			1355	30	153	18.6	35.51				67
			1355	30	193	14.1	35.48				133
14° 03'	85° 03'	Oct. 15	1425	30	68	17.8	35.49	18			831
			1425	30	137	14.4	34.82				273
			1425	30	175	12.9	34.73				
13° 11'	83° 32'	Oct. 16	0701	30	40	18.3	35.42	19			1435
			0701	30	108	15.0	34.98				428
			0701	30	177	12.7	34.89				
12° 25'	82° 08'	Oct. 16	2117	30	42	17.9	35.12	20			1000
			2117	30	104	14.1	34.91				
			2117	30	156	12.5	34.88				
11° 51'	81° 12'	Oct. 17	0534	32	40	17.3	35.18	21			2539
			0534	32	73	16.1	35.18				1839
			0534	32	108	13.8	34.91				
11° 27'	80° 32'	Oct. 17	1250	29	39	17.2	35.16	22			480
			1250	29	78	15.1	35.03				67
			1250	29	116	13.9	34.97				18
11° 10'	80° 01'	Oct. 17	1844	30	30	17.4	35.28	23			3420
			1844	30	61	15.1	35.07				1028
			1844	30	101	13.9	34.98				

<i>S. californica</i>	<i>S. decipiens</i>	<i>S. enflata</i>	<i>S. ferox</i>	<i>S. hexaptera</i>	<i>S. maxima</i>	<i>S. minima</i>	<i>S. neglecta</i>	<i>S. pacifica</i>	<i>S. peruviana</i>	<i>S. planctonis</i>	<i>S. pseudoserato- dentata</i>	<i>S. pulchra</i>	<i>S. regularis</i>	<i>S. robusta</i>	<i>E. fowleri</i>	<i>E. hamata</i>	<i>K. pacifica</i>	<i>K. subtilis</i>	<i>P. draco</i>
		2685 4265 2189 346		722 310 96 77		71 27 38		74 167 55				95 27	71 41				214 410	259 192 286	618 288 38
		214		214															
		3420 7140 1305 200 134 54		69 34 96 36 40			46 58	34	91 11			333 426 32 12	34	34			219 242	69 267 360 2 68	34 46 32
	44 205 45 32	4300 8950 5385 2110 1139 9840 1179 2338 18 273 32,500		31 264 634 297 408 323 13 668 145 354 201 164	22 45	77 11	61 22	31 11	102 869 215 37			1032 165					143	549 366 182 258 297 72 91 291 91	71 11 37 78 64 18 54
		418 55 34 12,290 64 2 3690 91 1729		136 16 1 1 39 455		39			16									153	
		150 1332 14 1314 246		15 1119 312 16 57 146 139		28		44 28	15					688			42	1583 139	73
		279 237 2002 594 19 227 932 50		65 85 88 251 135 44 33			33	574 153 4503 63 1728 111 17						33				119 94 45 22 50 17	722 136 9890 19 910 67 17
		237 45 167 428 800		91 29 67		17 67		662 773 1034 286 267									300	68 32 114	373 367
		1538 2838 14 2172 216 3588 5302			14	77		108 32 96 1334									77 32 38 167	32	231 334

TABLE 1. (continued)
 TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

STEP-I

STEP-I		Position	Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	S. bedoti	S. bierli	S. bipunctata
°Lat. S	°Long. W											
1960												
10° 52'	79° 29'	Oct. 18	0440	30	38	17.0	35.20	24			574	
			0440	30	89	14.8	35.02					
			0440	30	191	12.4	34.89					
14° 51'	76° 09'	Oct. 28	1907	30	25	13.9	34.85	26			26	
			1907	30	51	13.5	34.88					
			1907	30	101							
15° 13'	76° 43'	Oct. 29	0328	30	14	17.0	35.04	27			110	
			0328	30	28	16.6	35.00					
			0328	30	66	13.4	34.86					
15° 56'	77° 51'	Oct. 29	1839	30	29	17.2	35.14	29			250	
			1839	30	74	16.3	35.12					
			1839	30	127	13.1	35.86					
16° 27'	78° 38'	Oct. 30	0535	30	25	17.2	35.17	30			187	
			0535	30	66	14.6	35.01					
			0535	30	122	13.5	34.94					
17° 11'	79° 27'	Oct. 30	1352	30	48	16.8	35.17	31			1332	
			1352	30	109	14.6	34.88					
			1352	30	161	12.0	35.67					
18° 06'	80° 56'	Oct. 31	0546	30	76	16.8	35.21	32			469	
			0546	30	152	13.1	34.74					
			0546	30	203	12.0	34.77					
19° 04'	82° 18'	Oct. 31	1755	30	80	17.5	35.24	33			125	
			1755	30	160	14.0	34.59					
			1755	30	240	10.8	34.56					
20° 05'	83° 42'	Nov. 1	0600	30	88	18.0	35.30	34			4	
			0600	30	192	13.4	35.54					
			0600	30	246	11.8	34.59					
22° 23'	83° 16'	Nov. 2	1446	30	75r	17.7	35.15	36			2	
			1446	30	247r	11.3	34.42					
			1446	30	389r	9.0	34.59					
23° 45'	81° 07'	Nov. 3	0829	30	68	17.5	35.04	37		250	417	
			0829	30	164	14.8	35.62					
			0829	30	261	10.54	34.44					
22° 43'	79° 43'	Nov. 4	0115	30	51	17.1	34.92	38			98	
			0115	30	122	12.3	34.34					
			0115	30	203	11.8	34.77					
21° 31'	78° 37'	Nov. 4	1415	30	53	17.2	34.98	39			762	
			1415	30	116	16.4	34.97					
			1415	30	178	11.8	34.36					
20° 37'	76° 51'	Nov. 5	0305	30	150			40			500	20
			0305	30	240	10.9	34.79					
			1429	30	46	16.7	34.98					
19° 36'	75° 30'	Nov. 5	1429	30	91	16.1	35.00	41			46	
			1429	30	136	12.8	34.72					
			1429	30								
18° 58'	74° 48'	Nov. 5	2226	30	43	16.4	35.01	42			396	
			2226	30	75	15.2	34.91					
			2226	30	139	12.3	34.77					
18° 18'	74° 03'	Nov. 6	0705	30	25	17.6	35.15	43			57	
			0705	30	76	13.4	34.78					
			0705	30	122	12.6	34.85					
17° 59'	73° 22'	Nov. 6	1545	30	54	16.0	35.01	44			1427	
			1545	30	80	13.6	34.76					
			1545	30	128	12.7	34.86					
17° 54'	72° 52'	Nov. 6	2240	30	9	18.9	35.11	45			1	
			2240	30	28	15.4	34.84					
			2240	30	66	13.3	34.82					
17° 12'	72° 19'	Nov. 7	0603	30	10	18.3	35.00	46			666	
			0603	30	20	15.6	34.81					
			0603	30	72	13.0	34.84					
19° 09'	71° 58'	Nov. 10	1600	30	10	18.7	35.14	47			21	
			1600	30	79	14.5	34.85					
			1600	30								
23° 40'	70° 38'	Nov. 17	1035	30	4	17.50	34.74	49			67	
			1035	30	20	14.6	34.67					
			1035	30	52	12.4	34.78					
23° 38'	71° 27'	Nov. 17	2038	30	19	17.1	34.83	50			300	
			2038	30	47	14.0	34.59					
			2038	30	98	11.7	34.60					
23° 48'	72° 00'	Nov. 18	0505	30	10	17.2	34.76	51			182	13
			0505	30	48	13.1	34.58					
			0505	30	96	11.9	34.68					

[illegible]

TABLE 1. (continued)
TABLA 1. (continuación)

Number / 1000 m³

STEP-I

Position		Date	Time (local)	Duration of tow (Min)	Depth sampled (m)	Surface Temp. °C	Surface salinity ‰	Sta. No.	<i>S. bedoti</i>	<i>S. bierii</i>	<i>S. bipunctata</i>
°Lat. S	°Long. W										
1960											
23° 54'	72° 37'	Nov. 18	1140	30	25	16.0	34.56	52		2780	
			1140	30	67	14.2	34.50			1964	
			1140	30	133	12.0	34.62			1646	
23° 41'	73° 43'	Nov. 18	2230	30	13	16.2	34.56	53		145	
			2230	30	52	14.9	34.46			1786	
			2230	30	92	13.3	34.30			2059	
23° 42'	74° 56'	Nov. 19	0745	30	15	16.7	34.59	54		415	
23° 41'	75° 56'	Nov. 19	2019	30	28	16.7	34.61	55		2600	
			2019	30	95	14.6	34.53			44	
			2019	30	169	11.4	34.41			6000	
23° 39'	78° 55'	Nov. 20	1940	30	31	17.5	34.88	57		2044	
			1940	30	103	14.1	34.53			2	
			1940	30	164	12.1	34.65				
23° 43'	82° 37'	Nov. 22	0025	30	18	17.9	34.79	59			
			0025	30	136	15.5	34.33			136	
			0025	30	182	11.2	34.28			560	
23° 41'	86° 09'	Nov. 23	0430	30	105	17.4	35.01	61			
			0430	30	210	13.2	34.44				
			0430	30	352	9.9	34.58			64	
23° 41'	89° 37'	Nov. 24	0450	30	98	18.7	35.33	63		428	
			0450	30	246	14.1	34.59			200	
			0450	30	344	10.0	34.42			49	
21° 47'	95° 07'	Nov. 26	1600	30	94	19.7	35.60	67			
			1600	30	237	17.2	35.17				
			1600	30	331	11.0	34.45			314	
18° 16'	95° 05'	Nov. 27	1953	30	101	19.4	35.64	69			
			1953	30	254	12.5	34.57				
			1953	30	356	9.3	34.54			146	

TABLE 2. Ranges of temperature, salinity, oxygen and depth within which species were found. Step-I data.

TABLA 2. Límites de temperatura, salinidad, oxígeno y profundidad dentro de los que se encontraron las especies. Datos de la expedición Step-I.

Species	Temp. (°C)		Salinity (‰)		Oxygen (ml/l)		Depth (m)	
	low	high	low	high	low	high	low	high
<i>S. bedoti</i>	13.10	22.28	33.61	35.06	0.80	4.98	10	193
<i>bierii</i>	9.28	23.34	33.29	35.78	0.07	5.83	10	356
<i>bipunctata</i>	10.85	26.87	33.11	35.78	0.44	5.83	10	240
<i>deciplens</i>	9.89	18.70	34.34	35.67	0.15	5.34	30	352
<i>enflata</i>	10.94	26.87	33.11	35.78	0.08	5.68	4	308
<i>ferox*</i>	—	26.87	33.14	—	—	4.55	10	—
<i>hexaptera</i>	10.94	26.59	33.11	35.60	0.08	5.83	10	308
<i>maxima</i>	9.89	18.17	34.34	35.67	0.07	3.86	30	352
<i>minima</i>	9.89	20.71	34.28	35.59	0.15	5.83	10	261
<i>neglecta</i>	13.10	26.87	33.29	35.14	0.80	5.55	10	193
<i>pacifica</i>	10.47	26.87	33.11	35.78	0.08	5.83	9	389
<i>peruviana</i>	13.10	23.34	33.29	35.06	0.09	4.96	10	193
<i>planctonis</i>	11.27	17.96	34.34	35.30	2.10	5.55	29	389
<i>pseudoserrato-</i> <i>dentata</i>	12.99	18.65	34.58	35.14	0.13	5.83	10	72
<i>pulchra</i>	13.10	26.87	33.14	35.03	0.80	4.98	10	193
<i>regularis</i>	13.10	23.34	33.29	35.29	0.72	5.04	10	193
<i>robusta</i>	11.88	26.87	33.11	35.49	0.09	5.23	10	125

LOS QUETOGNATOS EN LAS AGUAS DE LA REGION DEL PERU

por

PAUL N. SUND

RESUMEN

Se ha realizado un estudio de la distribución de las 28 especies de quetognatos en las aguas frente al Perú y al Ecuador meridional, basado principalmente sobre datos de los reconocimientos oceanográficos efectuados entre 1958 y 1961 por la Comisión Interamericana del Atún Tropical, la Institución Scripps de Oceanografía, y por el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos y el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú. También se emplearon datos de las expediciones anteriores a 1958 para ayudar a la interpretación de este material.

Seis especies, *Sagitta bedoti*, *S. ferox*, *S. neglecta*, *S. peruviana*, *S. pulchra* y *S. regularis*, demostraron ser útiles como indicadoras de los movimientos horizontales de las masas de agua cerca de la superficie. Estas especies muestran los efectos, ya sea de una advección hacia el sur, a lo largo de la costa, principalmente del Agua Ecuatorial Superficial, o bien de una advección hacia el litoral de aguas normalmente fuera de la costa, pero quizás un poco hacia el norte del Perú. El fenómeno de "El Niño" 1957-58 es considerado como el resultado de condiciones que conducen a una intensificación de la Contracorriente del Perú. Extensiones menores de esta corriente, así como variaciones de la advección hacia la costa, desde el oeste y tal vez desde el norte, se reflejan en la distribución de los quetognatos.

Otro grupo de especies, que incluye a *S. maxima*, *S. minima*, *S. hexaptera*, *S. decipiens*, *Krohnitta subtilis*, *Eukrohnia fowleri* y *E. hamata*, habita normalmente las aguas subsuperficiales de las profundidades intermedias. Este ha demostrado ser útil en la identificación de las localidades de afloramiento. Dos áreas generales que muestran permanentemente la presencia de agua aflorada son las regiones de Punta Paracas y Cabo Blanco-Punta Aguja.

RECONOCIMIENTO

Deseo particularmente agradecer al Profesor M. B. Schaefer y al Dr. Karl Banse por su ayuda y dirección, brindadas generosamente durante estas investigaciones. A los Sres. C. L. Peterson, E. B. Bennett, G. V. Howard y el Dr. K. Wyrski que proporcionaron una crítica valiosa a este trabajo. Ofrezco el testimonio de mi gratitud al Dr. M. Gilmartin, a las

Sras. S. Hester, S. Egan, L. Dupart y D. Minton, a las Srtas. A. Williams, B. Parker y J. Cooley y a la Sra. L. Sund por su ayuda en el arreglo de varias secciones de este informe. Merece también gratitud el Dr. Z. Popovici y el personal del Instituto de Investigación de los Recursos Marinos del Perú, por haber proporcionado las muestras y los datos correlativos del *Bondy*. Profundamente apreciada ha sido la ayuda y compañerismo prestado por el numeroso personal de las embarcaciones, así como el de mis colegas que me acompañaron en los viajes por mar.

INTRODUCCION

El propósito de esta investigación fue determinar las especies de quetognatos útiles como indicadores biológicos de las masas de agua en la región del Perú, y definir el origen probable de las aguas de "El Niño" y los sitios de afloramiento mediante la comparación de la distribución de estas especies, con el régimen hidrográfico de la región.

La región del Perú se define arbitrariamente aquí, como el área oceánica que se extiende hacia el oeste desde el continente americano hasta los 95°W de longitud, entre los 23°S de latitud y el ecuador. La región está delineada en la Figura 1, la que también señala la posición de las estaciones de plancton de las que se han obtenido los datos de los quetognatos usados en el presente estudio. La información concerniente a las aguas fuera del área definida ha sido usada cuando se ha considerado pertinente a las discusiones. "El Niño" y el afloramiento son definidos y estudiados en otra parte de este trabajo.

El empleo de las especies de zooplancton como indicadores biológicos ha sido de interés, debido principalmente a los trabajos de F. S. Russell, publicados durante los años 1932-1939. El concepto de organismos indicadores no era nuevo en aquel tiempo; ya en 1883, Agassiz había observado la asociación de ciertos organismos planctónicos con la Corriente del Golfo. Bigelow (1926) fue probablemente el primero en sugerir el uso posible de quetognatos como organismos indicadores. Desde entonces Meek (1928), Pierce y Orton (1939), Thomson (1947), Fraser (1952), Furnest (1953), Pierce (1953), Bierí (1959), Tokioka (1959) y Pierce y Wass (1962) han descrito casos en que los quetognatos parecen ser útiles en la definición de las masas de agua y sus movimientos.

Las relaciones de organismos marinos hacia una masa de agua en particular, fueron demostradas primero por medio del diagrama T-S de Pickford (1946-1952). Desde la publicación de los estudios de Pickford, Haffner (1952), David (1959), Bary (1959) y Sund (1961) han tenido algún grado de éxito con tratamientos similares.

Este estudio emplea métodos similares a los usados por Sund en 1961, pero es de una mira más amplia. Las relaciones entre la distribución de los quetognatos y la distribución de ciertas características fisicoquímicas de las aguas de la región del Perú, son consideradas para identificar

aquellas especies de quetognatos de utilidad potencial como indicadores biológicos de las masas de agua. Las especies en las que se ha encontrado un valor indicador promisorio son usadas, entonces, para interpretar e identificar los orígenes probables de las aguas de "El Niño" y las localidades del afloramiento.

MATERIAL

El plancton aquí considerado, fue recogido durante 15 cruceros en la región del Perú. Las estaciones ocupadas durante estos cruceros, los datos correlativos observados y las especies de quetognatos encontradas se enumeran en la Tabla 1 del Apéndice.

1) ***De la Comisión Interamericana del Atún Tropical y la Institución Scripps de Oceanografía.***

La expedición STEP-I, del 15 de septiembre al 14 de diciembre de 1960, proporcionó aproximadamente 270 muestras de zooplancton con sus datos físico-químicos complementarios. Los datos físicos y químicos y los datos biológicos preliminares obtenidos en la expedición STEP-I han sido dados a conocer por Wooster (1961) y por Forsbergh (1961), respectivamente.

La expedición DOWNWIND, del 21 de octubre al 28 de febrero de 1958, ocupó un pequeño número de estaciones en la región del Perú (SIO. 1958). Estas proporcionaron datos del zooplancton, así como datos hidrográficos ancillarios, útiles para la presente investigación.

2) ***Del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú y el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos***

El personal de estas dos organizaciones ha efectuado cruceros trimestrales cada año, desde 1958, a bordo del B. A. P. *Bondy*, alternando entre los sectores norte y sur de la costa del Perú, dentro de unas 60 millas de la costa. Aproximadamente se tuvieron a disposición, para este estudio 600 muestras de zooplancton recogidas en once cruceros. Las muestras fueron tomadas con redes de $\frac{1}{2}$ m., arrastradas horizontalmente dentro de la capa de la superficie y estaban generalmente acompañadas por observaciones de temperatura y salinidad.

3) ***De otras fuentes:***

Se encontró que ciertos datos contenidos en los trabajos de Bieri en 1957 y 1959 eran relativos a este estudio. Estos datos fueron usados libremente, junto con el material de la expedición SHELLBACK encontrado en el apéndice de su disertación doctoral (1957). El Dr. T. E. Bowman, del Museo Nacional de los Estados Unidos, proporcionó datos concernientes a las muestras de plancton recolectadas por Milton J. Lobell durante la Misión de Pesquerías de los Estados Unidos al Perú en 1941, a la que Bieri se refiere en su trabajo de 1957.

MÉTODOS

La red planctónica usada rutinariamente en las expediciones SHELLBACK y DOWNWIND ha sido descrita por Ahlstrom (1948). Es cónica, de 5 m de largo y de 1 m de diámetro en la boca. El material usado en el tejido de la red fue generalmente malla de tejido número 30 muy resistente, de unos 0.5 mm de apertura entre hilos. Algunas veces fue substituido por material de nylon equivalente.

El procedimiento de arrastre de la red en estas expediciones oceánicas de Scripps fue como sigue: el arrastre era oblicuo. La red se hacía descender hasta la profundidad deseada (generalmente 300-400 m) mientras que el barco avanzaba a una velocidad de 1.5 a 2.0 nudos. La velocidad del barco era regulada de acuerdo con el tiempo en que la red estaba en el agua para mantener el cable a un ángulo lo más cercanamente posible a los 45 grados. Después de alcanzar la profundidad deseada, la red era recogida. El tiempo de arrastre se hizo variar entre 20 y 40 minutos, de modo que cada muestra contuviera unidades de la población de plancton integradas en distancias aproximadamente de 0.5 a 1.0 millas. La máxima profundidad alcanzada por la red era estimada por el ángulo del cable, suponiendo un cable recto hacia la red. Ahlstrom (1948) encontró que las profundidades estimadas por este método se desviaban poco de aquellas medidas con un instrumento registrador de fuelle a presión.

Un medidor de corriente fue instalado en el centro de la boca de la red, para tener un medio de estimación del volumen de agua filtrada por ésta. El medidor era calibrado antes y después de cada crucero, para establecer la relación entre el número de revoluciones del impulsor y el tiempo y la distancia del arrastre. El volumen de agua filtrada por la red se suponía que era aproximadamente igual al de la columna de agua en un área de 0.785 m cuadrados (el área de la sección transversal de la boca de la red) y en una longitud igual a la distancia recorrida. Los contos de las especies fueron estandarizados al número en 1000 m³ de agua filtrada.

En cada una de las 87 estaciones biológicas ocupadas durante la expedición STEP-I, se hizo una serie de arrastres para la obtención de zooplancton a diversas profundidades, con el empleo de muestreadores Clarke-Bumpus amplificados (Paquette, *et al.*, 1961). Un lance hidrográfico y otras observaciones fueron hechas también en esas estaciones. El tamaño del tejido de los muestreadores era de 0.5 mm. Se colocaron rutinariamente tres muestreadores Clarke-Bumpus arriba, en y debajo de la termoclina, a profundidades determinadas por la inspección de un batitermograma tomado en la estación. Las redes muestreadoras se abrían en la profundidad, se arrastraban horizontalmente durante 30 minutos, se cerraban y se sacaban a la superficie. En algunas estaciones fueron hechos dos arrastres consecutivos muestreando de ese modo seis profundidades. Las profundidades de arrastre fueron estimadas desde el ángulo del cable, suponiendo un cable en línea recta. Los medidores de la corriente fueron

instalados en cada aparato para medir el volumen del agua filtrada. Los contos de las especies fueron nuevamente estandarizados al número presente en 1000 m³ de agua filtrada.

Los arrastres para la obtención de zooplancton en los once cruceros con el *Bondy* fueron efectuados con redes remolcadas horizontalmente dentro de los 10-20 m superiores de agua. El diámetro de la boca de las redes era de 0.5 m; su longitud de 1.9 m; y la abertura del tejido de 0.3 mm. Los medidores de la corriente y los indicadores del ángulo del cable no fueron empleados, por lo que los datos fueron arbitrariamente estandarizados al número de las especies presentes en un arrastre de 15 minutos.

La única información que se tiene, referente a las muestras de 1941 recolectadas por la Misión de Pesquerías de los Estados Unidos al Perú, es que fue usada una red de *bobbinet* de $\frac{1}{2}$ metro. El tamaño de la malla del tejido no se conoce. Todos los arrastres fueron hechos en la superficie y tuvieron cinco minutos de duración; consecuentemente las cantidades de cada especie se anotaron sobre la base de los ejemplares encontrados en cada arrastre de cinco minutos.

ANÁLISIS

En el laboratorio, los quetognatos fueron sacados de las muestras, identificados por especies y contados. Las relaciones entre las variables físicas del ambiente y la distribución de las especies fueron determinadas por análisis gráficos de estos datos. Solamente se han incluido en el presente estudio las ilustraciones representativas de esos gráficos. Se dispone de series completas en los archivos de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Los métodos de preparación se discuten detalladamente más adelante.

Los aspectos verticales de la temperatura, salinidad, oxígeno y de las especies de quetognatos encontrados en las estaciones de la expedición STEP-I, fueron revelados al graficar los valores observados de estos parámetros contra la profundidad (Figura 2). En esta figura, las flechas en el margen indican las profundidades a que fueron tomadas las muestras de plancton. El número capturado de cada especie (en cada 1000 m³) se indica por medio de los símbolos claves. Los puntos pequeños corresponden a 1-49 individuos/1000 m³; los puntos de tamaño mediano, 50-499/1000 m³; y los puntos grandes, > 500/1000 m³.

Para determinar el potencial de una especie como indicadora de agua, fue graficada su aparición y su abundancia relativa en diagramas T-S (esto es: los diagramas T-S-P de Bary, 1957; y los diagramas de especies T-S de Sund, 1961). En estas figuras (4 a 6) se han incluido contornos que indican los extremos medidos de las relaciones T-S de las masas de agua encontradas en la expedición STEP-I. (Véase Figura 3 para la evaluación e identificación de masas de agua por medio de la relación T-S). Los

diagramas de las especies T-S fueron hechos también de los datos disponibles del *Bondy* para ayudar en la interpretación de los datos antes referidos, especialmente con respecto a los cambios temporales en la distribución de las especies.

Como fue anotado por Sund (1961) una especie dada puede ser asignada a una categoría, de acuerdo con su valor indicador potencial. Las especies clasificadas como tipo A (Figura 4) son las que habitan predominantemente las aguas superficiales. Estas son indicadoras útiles para señalar los movimientos horizontales de aquellas masas de agua. Las especies designadas como tipo B (Figura 5), son las que más frecuentemente se encuentran en los estratos subsuperficiales, y por lo tanto son útiles en determinar la profundidad aproximada de la cual se recogió una muestra, o como una ayuda potencial para determinar el lugar y tal vez la extensión de los movimientos verticales del agua (por ejemplo, el afloramiento). Estas son también potencialmente útiles para señalar los movimientos horizontales de las aguas de un determinado nivel subsuperficial. El tercer grupo de especies bajo consideración en el área, tipo C, (Figura 6) es el de distribución cosmopolita. Este aparentemente tiene una amplia tolerancia con las variables del ambiente y no sirve como indicador.

La tabulación de los límites de distribución de la temperatura, salinidad etc., en los cuales son encontradas las especies de quetognatos (Tabla 2 del Apéndice) en las aguas muestreadas, es de algún valor, pero limitado. Un medio más instructivo para representar estos datos es el empleo de un tipo de diagrama de frecuencias. La Figura 7 ilustra este tipo de gráfico y muestra no solamente los valores máximos y mínimos de las variables sobre las cuales se presentan las especies, sino también la presencia o la ausencia de los límites de distribución "preferidos" de las propiedades.

Con esos datos a mano, puede uno procurar interpretar una serie temporal y espacial de datos, tales como la presentada por las numerosas expediciones del *Bondy*. Las Figuras 8-19 ilustran la extensión de las distribuciones de las especies de quetognatos indicadores dentro del área muestreada por esos cruceros en los años 1958-1961, y cómo éstas variaron con el tiempo dentro de las aguas a lo largo de la costa del Perú. Los cruceros fueron numerados de acuerdo al año y al mes durante los cuales comenzaron las expediciones. Los dos primeros dígitos indican el año, y los dos últimos se refieren al mes (el crucero 5802 comenzó en febrero de 1958). Los círculos blancos y los negros muestran la localidad de las estaciones ocupadas durante los cruceros. Las cantidades de especies (por cada arrastre de 15 minutos) están indicadas por los diversos símbolos; 1-49, línea vertical; 50-499 línea horizontal; > 500, línea cruzadas. En lo que se expone a continuación, estos datos estarán respaldados, en cuanto sea posible, por los datos de las expediciones DOWNWIND, SHELLBACK y la del año 1941 de la Misión de Pesquerías de los Estados Unidos.

HIDROGRAFIA

Se ha establecido en la región del Perú, la presencia del afloramiento y las áreas generales en que éste ocurre. El afloramiento puede ser revelado indirectamente por índices comunes observables (tales como la temperatura, el fosfato, el oxígeno) y por las tasas computadas de acuerdo a las proporciones de tiempo de los cambios de estos parámetros. Por otra parte "El Niño" es un fenómeno complejo cuyo descubrimiento depende más de la observación directa. Esta última condición puede ser definida, en términos amplios, como una ocurrencia anómala que consiste en una incursión de agua cálida que se superpone a la corriente normal del Perú y aflora las aguas costeras a lo largo del litoral peruano y las zonas cercanas a la costa. Cuando ocurre, generalmente tiene lugar tan pronto pasa la navidad; de aquí la derivación de su nombre (el Niño Jesús). Se ha propuesto en forma variada, la periodicidad de la aparición de "El Niño": (Schweigger, 1960) 1 año, (Posner, 1954) 7 años; (Murphy, 1926) 34 años. Sin embargo Wooster (1960) y Sverdrup *et al* (1942, pag. 705) afirman que no hay una pauta temporal persistente en la ocurrencia de "El Niño." Las fechas en que se registró el fenómeno más intenso y catastrófico de "El Niño" son 1891, 1925, 1939-41 y 1957-58.

Se han atribuido varios orígenes a las aguas calientes de "El Niño": 1) cualquier intrusión hacia el sur de la Contracorriente Ecuatorial del norte (Posner 1957); 2) calentamiento *in situ* y/o a una advección de agua cálida, ya sea por una Contracorriente Ecuatorial del sur, o bien por una circulación termohalina transecuatorial intermitente al este de las Islas Galápagos (Bjerknes, 1961); 3) una reversión de la Corriente del Perú llevando agua ecuatorial cálida hacia el sur, a lo largo de la costa del Perú (Gunther, 1936); 4) aguas del Golfo de Panamá que fluyen hacia el sur como resultado de una reversión de la pauta normal de los vientos alisios que coinciden con las altas mareas (Semple, 1931); y 5) movimiento hacia el sur de las aguas del Golfo de Guayaquil (Schweigger, 1960).

Posner (1957) llegó a la conclusión de que "El Niño" de 1953 fue debido a un movimiento, hacia el sur, de la Contracorriente Ecuatorial del norte y también probablemente de las aguas de la región frente a la América Central. El dudó en afirmar si el agua procedente de estas regiones del norte formaba una capa separada, una sobre otra, de la cuña de agua caliente introducida, o se mezclaba conforme se movían hacia el sur sobre la Corriente del Perú.

Bjerknes (1961) discutió diversos puntos pertinentes, basado sobre las observaciones meteorológicas y oceanográficas: 1) "El Niño" parece estar precedido por un amplio debilitamiento de los vientos alisios del Pacífico Norte, de modo que la profundidad de la termoclina puede aumentar y las temperaturas de superficie pueden elevarse en la parte oriental del Pacífico, al norte del ecuador. 2) La circulación normal transecuatorial de la época de primavera (local), al este de las Galápagos, puede trans-

portar un volumen mayor de agua, de temperatura más alta hacia el hemisferio sur en las épocas en que la termoclina es más profunda. La acción de Coriolis tiende a volver la provisión de agua templada trans-ecuatorial hacia la costa del Perú. En las épocas de debilidad de los alisios del sureste, esta corriente hacia el sur no encuentra resistencia en el movimiento de los vientos.

Todas las hipótesis surgen de tres posibilidades básicas: calentamiento local; corriente del norte; o una corriente hacia el este procedente de la parte oceánica de alta mar. El presente estudio considera el mérito de estas teorías.

Las características oceanográficas físicas de la región han sido ampliamente estudiadas. Caballero (1935), Gunther (1936), Sverdrup *et al* (1942) y Posner (1954) han presentado revisiones sobre las mismas. Las contribuciones más recientes a la literatura incluyen los estudios de Wooster y Jennings (1955), Schweigger (1960), Wooster (1961) y Wyrтки (1963).

Wyrтки (1963) ha empleado la aproximación geostrófica, junto con la teoría de Ekman sobre el transporte del viento y las ecuaciones de continuidad, ha analizado el campo tridimensional del movimiento en las aguas investigadas durante la expedición STEP-I. Las siguientes observaciones están basadas en gran parte sobre su interpretación del movimiento del agua y de las características de la misma en el área. Debe tomarse en cuenta que su estudio puede aplicarse solamente a los eventos durante el tiempo de la expedición STEP-I, pero el hecho de que el régimen de temperatura en los días de la citada expedición era similar al que prevalecía en situaciones de períodos similares en varios años (Wooster, 1961), hace parecer razonable que esta descripción representa la situación general de la región.

Corrientes

La Corriente del Perú no es una sola corriente, sino más bien un sistema complejo. Una rama, mar afuera, de la Corriente del Perú, conocida como la Corriente Oceánica del Perú, se mueve hacia el noroeste de los 82°W de longitud, aproximadamente. Se vuelve hacia el oeste, abandonando la región examinada al sur de los 10°S.

La otra rama de la Corriente del Perú, la Corriente Costera del Perú, penetra la región desde el sur entre la costa y los 78°W. Su fuerza disminuye hacia el norte y solo llega hasta por ahí los 10°S. El movimiento general de esta corriente es hacia el norte y la costa.

Entre la Corriente Oceánica del Perú y la Corriente Costera del Perú hay una contracorriente que se mueve hacia el sur. En la superficie del mar, la Contracorriente puede ser ocultada por la corriente de Edman, que se le superpone. Wyrтки hace notar que las superficies isobáricas indican que el agua de la Corriente Costera del Perú pasa a través de la Contracorriente dentro de la Corriente Oceánica del Perú. Además con-

sidera esta contracorriente como una probable consecuencia directa de la desviación de la Corriente Oceánica del Perú, que se aleja de la costa hacia el noroeste, y que las condiciones geostróficas generales dan como resultado una corriente hacia el sur, entre las dos porciones de la Corriente del Perú. Esta contracorriente transporta agua ecuatorial al sur y está indudablemente sujeta a variaciones estacionales y/o a variaciones de un año a otro en fuerza.

En las áreas entre los 8° y 5°S, se encuentra la Contracorriente Sud-euatorial (Reid, 1959, 1961). Aparentemente solo desvía el agua superficial de la Corriente Oceánica del Perú, dentro de otra corriente que fluye al oeste entre los 5° y 3°S. Una subcorriente, que se hace presente en las capas subsuperficiales cerca de la costa, se mueve hacia el sur (Wooster y Gilmartin, 1961).

Masas de agua

Las curvas temperatura-salinidad (Figura 3) fueron delineadas para numerosas estaciones de la expedición STEP-I, con el objeto de definir las masas de agua presentes. Las curvas de las estaciones representativas están indicadas en la figura; las posiciones de estas estaciones se presentan en la Figura 1. La nomenclatura para las masas de agua es la de Wyrтки (1963), y solo difiere ligeramente de la empleada por Sverdrup *et al* (1942).

El agua antártica intermedia se encuentra debajo en toda la región, a una profundidad intermedia (600-900 m). Esta agua, identificada por un mínimo de salinidad característica, tiene temperaturas entre 5° y 6° y una salinidad de 34.3 a 34.6‰. La figura no incluye los datos que indican la presencia de esta agua, porque no se tomaron muestras de plancton dentro de su margen de profundidad.

Sobre el Agua Antártica Intermedia se encuentran dos masas de agua subsuperficiales y dos superficiales. Una de estas últimas es el Agua Subtropical Superficial, caracterizada por los altos valores de salinidad (de más de 35‰) y por temperaturas entre 17° y 20°. Esta agua cubre la mayor parte de la región estudiada y domina en la Corriente Oceánica del Perú (p. e. estación 61) y en la parte meridional de la Corriente Costera del Perú (p. e. estación 33).

En la parte septentrional de la región del Perú y frente al Ecuador, se encuentra el Agua Ecuatorial de Superficie, de baja salinidad y alta temperatura. Esto ha sido revelado por las curvas T-S, tales como la de la estación 83. El Agua Ecuatorial Superficial es encontrada generalmente al norte de un frente oceánico que está situado un poco al sur del ecuador y cubre gran parte del Pacífico Oriental Tropical. Esta agua existe en una capa de poca profundidad (30 m o menos) en el área oriental ecuatorial.

Debajo de la capa superficial poco profunda hay agua de cerca de un 35‰ de salinidad. Este es un rasgo general en la parte septentrional de la región, y estas aguas surgen de la mezcla del Agua Subtropical Super-

ficial del Agua Antártica Intermedia y del Agua Superficial Ecuatorial (comunicación personal de Wyrski). La masa de agua resultante es conocida como el Agua Subsuperficial Ecuatorial. Está indicada por la parte casi recta de la curva T-S (Figura 3) que va desde más o menos $T = 17^{\circ}$, $S = 35.2\text{‰}$, hasta $T = 7^{\circ}$, $S = 34.6\text{‰}$. Cerca del ecuador esta agua se encuentra entre los 50 y los 500 m de profundidad, solamente con una capa delgada del Agua Superficial Ecuatorial sobre ella. Dentro de esta agua se desarrolla un minimum de oxígeno, por lo que el Agua Subsuperficial Subtropical está caracterizada por una salinidad relativamente alta y por un contenido de oxígeno extremadamente bajo.

En la Corriente Costera del Perú se encuentra un minimum de salinidad subsuperficial cerca de los 100 m (p.e. estación 53). Este minimum es atribuible a la extensión hacia el norte, del Agua Superficial Subantártica, desde la convergencia subtropical, y del Agua Superficial Subtropical, de salinidad ligeramente más alta. El minimum de salinidad es encontrado también debajo del Agua Superficial Subtropical en la Corriente Oceánica del Perú y en la Contracorriente del Perú (estaciones 73 y 29, a profundidades de 200-300 m). A lo largo de la costa esa salinidad mínima penetra hasta cerca de los 10°S . Al norte de éstos el minimum de salinidad desaparece, y las curvas T-S siguen una forma similar a la de las estaciones 3 y 83. Con la extensión hacia el norte del Agua Subantártica, una capa del Agua Subsuperficial Ecuatorial se mantiene debajo y aparece un maximum de salinidad encima de esta capa. Esto se ve en la curva T-S de las estaciones 52, 53, 61 etc. Esta capa se caracteriza también por un minimum de oxígeno a causa de los valores bajos de oxígeno que se encuentran en el Agua Subsuperficial Ecuatorial. Gunther (1936), así como Wooster y Gilmartin (1961), han seguido este maximum de salinidad y este minimum de oxígeno hasta un punto tan meridional como los 35°S .

La exposición anterior sobre las corrientes y las masas de agua de la región del Perú puede resumirse como sigue: En la Corriente Costera del Perú, el flujo del Agua Subantártica que entra desde el sur, con una capa delgada de Agua Superficial Subtropical sobre ella, está restringido a los 200 m superiores. Debajo de esta profundidad se forma normalmente un flujo débil hacia el sur, del Agua Subsuperficial Ecuatorial. Este flujo hacia el Sur está concentrado dentro de la Subcorriente peruana, cerca de la costa, y en la Contracorriente del Perú, más afuera de la costa. El Agua Subantártica penetra con la Corriente Costera del Perú solamente hasta por ahí los 15°S .

En la Corriente Oceánica del Perú, tanto el Agua Superficial Subtropical como el Agua Subantártica se mueven hacia el norte y voltean al oeste. El Agua Subsuperficial Ecuatorial es encontrada en los sectores más bajos de esta corriente, pero rápidamente pierde sus características conforme aumenta la distancia desde la costa. Es llevada dentro de estos sectores más bajos de la Corriente Oceánica del Perú por un flujo del sudoeste hacia el oeste, a profundidades entre 300 y 700 m. El agua que

entra en la región a este nivel, fluye hacia el sur y luego se vuelve hacia el oeste para abandonar la región entre los 15° y 20°S.

En el área costera aproximadamente entre los 6° y 14°S, el Agua Subsuperficial Ecuatorial alcanza la superficie (por ejemplo, la curva T-S de la estación 7). Esta agua se asemeja a la que se encuentra en la estación 83, excepto por la ausencia del Agua Superficial Ecuatorial. Esta última agua es mantenida en la posición más hacia el norte por los vientos prevalecientes del sur. Sin embargo, el flujo del agua de la superficie y del agua subsuperficial frente a Punta Aguja es hacia el sur. Por lo tanto, el área entera entre los 5° y 15°S y hasta 500 km mar afuera de la costa, está constituida por el Agua Subsuperficial Ecuatorial que ha aflorado a lo largo de la costa. Este afloramiento trae agua de salinidad comparativamente alta, a la superficie, en contraste con el afloramiento al sur de los 15°S.

EVALUACION DE LOS QUETOGNATOS COMO TIPOS INDICADORES

Son pocas las publicaciones concernientes a los quetognatos de las aguas peruanas. Bieri (1957) revisó brevemente la literatura referente a ellos, y algunos de sus datos más recientes (1959) son de esa área. Parte de las muestras investigadas por Sun y Renner (1959) también es pertinente.

Los análisis de los datos del STEP-I han hecho posible catalogar las diversas especies de quetognatos como tipos indicadores potenciales en la región del Perú.

Especies del tipo A

Sagitta bedoti ha sido registrada frecuentemente como procedente de aguas tropicales. Los especímenes de la expedición STEP-I fueron encontrados en aguas cálidas de salinidad relativamente baja, más comúnmente en niveles cerca de la superficie (Figura 7). La mayoría de los individuos habitaba en el Agua Superficial Ecuatorial y el Agua Superficial Subtropical, mientras que unos pocos penetraban dentro de niveles más bajos en la capa de discontinuidad y en el Agua Subsuperficial Ecuatorial. Estos datos respaldan las conclusiones anteriores (Bieri, 1957; Sund y Renner, 1959; Sund, 1961), de que *S. bedoti*, es un habitante de las aguas tropicales del Océano Pacífico Oriental (Figura 20).

Sagitta ferox estaba distribuida en el sector tropical de la región del norte del Perú (Figura 21) hasta cierto grado mayor que *S. regularis* o *S. pulchra* (véase más adelante). También se encontró en dos estaciones sobre la línea más al sur del rumbo del crucero. Estas últimas apariciones pueden ser indicativas de la extensión de las aguas sudecuatorial desde el área de alta mar hacia el continente. En la parte norte de la región, por lo menos, la presencia de *S. ferox* probablemente indica la presencia de aguas trópico-ecuatorial (Bieri, 1959; Sund y Renner, 1959). Esta especie es

muy común en las aguas de carácter superficial, pero de ningún modo está restringida a ese estrato.

Sagitta neglecta fue localizada exclusivamente en aguas ecuatoriales y tropicales (Figura 22). A pesar de que los datos de la expedición STEP-I son pocos, coinciden excelentemente con los registros publicados sobre las características de distribución de la especie. *S. neglecta* se localiza casi siempre en aguas superficiales cálidas de baja salinidad. Algunas veces penetra en áreas de otras características, pero esto no es frecuente y parece ser una indicación de la variación horizontal de la corriente.

Sagitta peruviana aparentemente es una especie nerítica. Abunda en las aguas cerca de la superficie en la vecindad de la costa norte del Perú (Figura 23), y se extiende en menor número a una pequeña distancia mar afuera. Unos pocos individuos fueron encontrados en muestras subsuperficiales. Esta especie puede demostrarse como indicadora de aguas ecuatoriales tropicales en la parte nordeste de la región del Perú, y puede ser también, indicadora de la penetración hacia el sur de la Contracorriente del Perú.

Sagitta pulchra estuvo predominantemente presente en el Agua Superficial Ecuatorial y en el Agua Subsuperficial Ecuatorial. Las cantidades mayores de esta forma se encontraron en la capa superficial, en donde las aguas eran cálidas, de salinidad baja y bien provistas de oxígeno. La distribución de *S. pulchra* (Figura 24) es tal, que demuestra un movimiento dirigido hacia el sur de las aguas tropicales en la parte septentrional de la región del Perú.

Sagitta regularis, durante la expedición STEP-I, presentaba una distribución similar a la de *S. pulchra* (Figura 25). En otras épocas, sin embargo, *S. regularis* se extendió más al sur y al oeste que *S. pulchra*. En vista de que esta última distribución se ha mostrado más frecuentemente, la distribución de *S. regularis* se considera como una más cercanamente afín que la de *S. ferox* y *K. pacifica*.

Especies del tipo B

Sagitta decipiens estuvo presente casi siempre en las muestras tomadas debajo de la capa superficial. Estuvo esencialmente ausente tanto del Agua Superficial Ecuatorial, como del Agua Superficial Subtropical. Esta especie parece no afectarse por las diferencias entre las masas del Agua Subantártica y del Agua Subsuperficial Ecuatorial.

Sagitta hexaptera fue común en todas las masas de agua encontradas en la región del Perú. Dentro de esas aguas, sin embargo, su distribución estaba en su mayoría concentrada a profundidades intermedias. Pocos especímenes fueron recogidos en arrastres dentro de la capa superficial, y la abundancia disminuyó con la profundidad debajo del nivel de la pycnoclina. Es posible, entonces, que *S. hexaptera* sea una ayuda para la identificación de las aguas de profundidades medias.

Sagitta maxima, con una excepción, estuvo limitada a las aguas debajo de la piconclina (Figura 4). Esta única aparición cerca de la superficie ocurrió en la estación 3, en la región tropical dentro del Agua Superficial Ecuatorial. También estuvieron presentes los especímenes a profundidades mayores en aquella estación. La especie se encontró ampliamente en toda la región del Perú, a profundidades moderadas ($Z \geq 30$ m) y parece ser una representativa digna de confianza de las aguas normalmente colocadas debajo de la capa superficial.

Sagitta minima se encontró en mayores cantidades en las muestras tomadas desde profundidades intermedias (20 a 250 m), esto es, en las vecindades de la piconclina. Tanto el número de individuos como la frecuencia de su aparición disminuyeron más cerca de la superficie y a profundidades mayores. Pocos especímenes fueron recogidos en el área del Agua Superficial Ecuatorial explorada por la STEP-I. Sin embargo, *S. minima* no está excluida de la región tropical, ya que se ha informado que ha sido encontrada en sectores más fríos de aquellas aguas por Bieri (1957) y por Sund (1961). Parece, entonces, razonable que *S. minima*, así como ciertas especies tales como *S. hexaptera*, pueden ser usadas como indicadoras de los estratos de profundidad intermedia.

Eukrobnia fowleri y *E. hamata* fueron encontradas solamente a niveles subsuperficiales ocupados por Aguas Subantárticas y Subsuperficiales Ecuatoriales. Estas dos especies estaban, pues, confinadas a un ambiente frío, de alta salinidad y de oxígeno relativamente bajo. Como ninguna de estas especies fue encontrada en bajos como la termoclina, puede sacarse en conclusión que ambas son indicativas de estratos más profundos de la columna de agua.

Krobnitta subtilis generalmente fue hallada en arrastres hechos dentro de los horizontes subsuperficiales, en que el agua estaba caracterizada por baja temperatura, alta salinidad y contenido variable de oxígeno. Estaba presente en todas las masas de agua a través de la región del Perú, y consecuentemente no puede ser usada como un indicador del movimiento horizontal del agua; pero su presencia, predominantemente en estratos más profundos, puede hacerla útil para denotar el desplazamiento vertical.

Especies del tipo C

Sagitta bierii estaba presente en todas las masas de agua. El único punto de posible significación es que se encontraron mucho menos especímenes en las muestras tomadas en el Agua Superficial Ecuatorial que en las de otras masas de agua.

Sagitta bipunctata apareció solo unas pocas veces en las muestras de la expedición STEP-I. Fueron encontradas más en el Agua Superficial Ecuatorial y en el Agua Superficial Subtropical; en esta última masa de agua fueron hallados unos pocos individuos a niveles más profundos. Es probable que *S. bipunctata* sea predominantemente un habitante de la super-

ficie de las áreas de aguas calientes de baja salinidad, pero tiene alguna capacidad para penetrar y sobrevivir en aguas de profundidad moderada. Su presencia en todas las masas de agua necesariamente la coloca en el tipo C, pero la baja frecuencia hace un interrogante sobre su valor como especie indicadora.

Sagitta enflata se encontró en casi todas las estaciones muestreadas en la expedición STEP-I. Su naturaleza cosmopolita ha sido notada en la mayoría de los océanos mundiales.

Sagitta pacifica estaba presente en todas las masas de agua, alternando desde la superficie hasta algunas de las mayores profundidades muestreadas. Como en la mayor parte del Océano Pacífico Oriental, también está ampliamente distribuida en la región del Perú.

Krohnitta pacifica se encontró por lo menos dos veces en cada una de las cuatro masas de agua muestreadas en la STEP-I. Se presentó frecuentemente a niveles cerca de la superficie, pero su amplia tolerancia aparente a las variables ambientales, la hace desconfiable como especie indicadora en la región del Perú. Sin embargo, Bieri (1957) ha admitido la posibilidad de que indique movimientos mar afuera de las aguas centrales del Pacífico sur, hacia el este, con dirección a la costa en los sectores central y sur del litoral peruano, o una penetración anormal de agua ecuatorial desde el norte (Figura 26). Esta posibilidad debe ser considerada al interpretar otros datos disponibles y durante cualquier investigación futura en el área.

Pteurosagitta draco estaba presente en la mayor parte de la región del Perú, y en casi todo el margen de las profundidades. En consecuencia, no podría ser considerada de utilidad como especie indicadora en aguas frente al Perú.

Especies no clasificadas

S. pseudoserratodentata fue registrada solamente 5 veces en la parte sur de la región explorada durante la expedición STEP-I. Estos datos son demasiado escasos como para permitir la evaluación de esta especie como indicadora, pero el hecho de que sus apariciones son todas en la misma área general, sugiere que esta especie es digna de atención futura. Puede demostrarse que es transportada al norte en la Corriente Costera del Perú, según ésta fluye a lo largo de la costa de Chile y Perú.

S. plactonis fue encontrada en solo cuatro muestras. Con tan pocos datos es imposible evaluar el potencial indicador de esta especie.

DISTRIBUCION DE LOS QUETOGNATOS EN LA REGION DEL PERU

Con la base conseguida por el estudio de los datos considerados hasta este punto, se está ahora en posición de estimar la distribución temporal y espacial de las especies de quetognatos en otros cruceros, aparte de la

STEP-I, para ver como se relacionan con el régimen hidrográfico. Cómo "El Niño" afecta la distribución de los quetognatos, será uno de los tópicos de discusión en esta sección. Seguirá luego la relación de los quetognatos con el afloramiento. Los datos de todas las fuentes disponibles, además de los proporcionados por los cruceros de la STEP-I y del *Bondy*, han sido usados en la interpretación de las situaciones "normal" y "anormal."

Del estudio de los datos de la STEP-I a que se ha hecho referencia antes, seis especies de quetognatos parecen ser útiles como indicadoras de los movimientos horizontales de las masas de agua dentro de la región del Perú. Estas son *Sagitta bedoti*, *S. ferox*, *S. neglecta*, *S. peruviana*, *S. pulchra* y *S. regularis*. Además, otras dos, *S. tenuis* y *K. pacifica*, entran en la lista de Bieri (1957). Sin embargo, *S. tenuis* no fue encontrada durante el estudio presente, y *K. pacifica* no demostró estar asociada consistentemente con una sola masa de agua durante la expedición STEP-I. La distribución de estas especies mostrando lo que se considera su habitación "normal," está ilustrada en las Figuras 20-26. Esta distribución está basada en los datos de las expediciones STEP-I y SHELLBACK, pero coinciden aproximadamente con las publicadas por Bieri (1959) y por Sund y Renner (1959).

Estas seis especies, potencialmente útiles como indicadoras de la advección horizontal de las aguas de superficie, pueden ser divididas dentro de dos subgrupos con respecto a sus centros de abundancia numérica y a la frecuencia de su aparición, y también, por lo tanto, con respecto a su empleo para la interpretación del posible origen de las aguas de "El Niño." Un grupo (I) está localizado predominantemente en el área ecuatorial oriental, en la parte norte-nordeste de la región del Perú y en las aguas frente a la América Central. Esta área está caracterizada oceanográficamente por el Agua Superficial Ecuatorial en sus estratos cerca de la superficie. El otro grupo (II) se encuentra tanto en el área de mar abierto, frente al Perú septentrional y más al norte, como en las aguas subtropicales comúnmente situadas alguna distancia al oeste del Perú y al norte de Chile. Estas especies habitan, pues, el Agua Superficial, Subtropical, y tienen sus centros de abundancia mar afuera, al oeste y al norte del Perú. Los dos grupos de especies tienen un área hacia el sur y sudeste de las Islas Galápagos en que traslapan su distribución. En esta área ocurren mezclas de especies de los grupos I y II en algunas muestras.

Las especies que integran el grupo I son *S. bedoti*, *S. neglecta*, *S. peruviana* y *S. pulchra*. Ninguna distribución de estas especies se extiende más allá de los 5°S, aproximadamente, bajo las condiciones hidrográficas ordinarias (distribución normal) (Figuras 20, 22, 23 y 24). Por lo tanto, la presencia de individuos de estas especies, a lo largo de la costa del Perú, más al sur de aquella latitud, sería indicativa de un desplazamiento hacia el sur del Agua Superficial Ecuatorial.

El grupo II incluye a *S. ferox*, *S. regularis* y tal vez a *K. pacifica* (Figuras 21, 25 y 26). Cuando éstas están presentes, su aparición a lo largo de los

sectores meridionales de la costa del Perú indicaría una advección hacia la costa y/o hacia el sur, de las aguas normalmente localizadas lejos, mar afuera.

La distribución de estas especies indicadoras muestran hasta cierto punto los límites alcanzados por las corrientes que las transportan, y también reflejan el origen de aquellas aguas, cuando son desplazadas de sus localidades normales. Hasta dónde las diversas especies indican las pautas de la corriente, depende de la posibilidad de supervivencia de las especies en las aguas mezcladas que resultan de las desviaciones de las corrientes, de sus localidades normales, y del tiempo transcurrido desde el momento en que las especies son transportadas a otra localidad, por el sistema anómalo de las corrientes, hasta su captura.

Los datos del *Bondy* han sido estudiados para mostrar las fluctuaciones temporales y espaciales en la distribución de las especies dentro del área reconocida sobre el período de 1958 a 1961 (Figuras 8-19). Las especies cosmopolitas, ajenas a la presente exposición, no son tomadas en cuenta. Puede afirmarse aquí que los cruceros del *Bondy* 5802 y 5804 fueron hechos durante las etapas finales de un extenso período de "El Niño."

Sagitta bedoti (Figura 8) apareció mucho más al sur, en dos estaciones del crucero 5804. Estas apariciones al sur de los 15°S durante abril de 1958 son probablemente reflejos de una incursión anterior del Agua Superficial Ecuatorial, asociada con "El Niño" de 1957-58. Sin embargo, en la época en que estas muestras fueron tomadas, las aguas en esas estaciones tenían las características del Agua Superficial Subtropical. Otros movimientos notables hacia el sur, que excedieron el área usual de las especies, ocurrieron en febrero de 1961 y en abril de 1959. Ambos se consideran representativos de la fluctuación anual del frente que separa el Agua Superficial Ecuatorial y el Agua Superficial Subtropical. Durante el primer trimestre de cada año hay un movimiento hacia el sur que es menos extenso que los que ocurren bajo las condiciones extremas asociadas con "El Niño."

Sagitta neglecta (Figura 9) fue encontrada con menos frecuencia que *S. bedoti*. Tokioka (1959), Sund (1959), Sund y Renner (1959) y Bieri (1959) todos informan sobre esta especie, como uno de los quetognatos más raros del Pacífico Oriental. El material del *Bondy* mostró la presencia de *S. neglecta* solamente en los primeros meses de los años muestreados. Como *S. neglecta* se encontró solo en muestras recogidas durante el verano austral, que es la estación en que ocurre "El Niño," y como su distribución está generalmente limitada a los trópicos ecuatoriales, su presencia más al sur que la normal, claramente demostraría la intrusión de aguas tropicales desde el norte, por lo que es lamentable que ningún ejemplar apareciera en la estación siguiente a "El Niño" 1957-58. Esto, sin embargo, puede ser debido a una baja tolerancia de esta especie para las aguas fuera de su

ambiente normal, o que simplemente había muy pocos como para ser descubiertos por el método de muestreo.

Sagitta peruviana (Figura 10) aparentemente es una especie nerítica encontrada a lo largo de la costa norte del Perú. Como tal, puede esperarse que el número de individuos disminuya con la distancia mar afuera y en dirección a la corriente desde el centro de abundancia, Punta Aguja. Los datos del *Bondy* respaldan esta interpretación en vista de las altas concentraciones cerca de la costa, por ahí a los 5°S, y de las cantidades aminoradas vistas con poca frecuencia en estaciones más al sur y en alta mar. Las apariciones notadas al sur de los 10°S durante los cruceros 5804, 5811, 6011 y 6102 podrían considerarse como indicativas de una advección hacia el sur, pero es imposible a este tiempo separar ninguno de los efectos de las fluctuaciones, dentro de los límites normales en que se encuentra esta especie, de los efectos debidos al sistema de las corrientes o de los efectos del muestreo. El que la advección hacia el sur no fuera la causa de estas apariciones, está apoyada por los datos de la temperatura y la salinidad (Tabla 1, Apéndice), los cuales demuestran que el agua encontrada en aquellas estaciones tenía las características del Agua Superficial Subtropical. Esta evidencia puede ser tomada como en respeto al informe de Popovici (1961/62) sobre las condiciones de un "El Niño" ocurrido temprano en 1961.

Sagitta pulchra (Figura 11), de acuerdo con las muestras del *Bondy*, no demostró extensos movimientos hacia el sur. Si esta especie hubiera sido transportada al sur de su ambiente normal, por "El Niño" de 1957-58, no habría podido sobrevivir bajo las condiciones impuestas por el ambiente modificado. No obstante, esta especie, lo mismo que *S. neglecta*, promete ser potencialmente un indicador de cualquier movimiento hacia el sur del Agua Ecuatorial de Superficie.

Sagitta ferox, *S. regularis* y *K. pacifica* (Figuras 12, 13 y 14, respectivamente) aparecieron más al sur que cualquiera de las especies a que se ha hecho referencia anteriormente. Esto es de esperarse por su asociación con el Agua Superficial Subtropical mar afuera. La distribución de *S. ferox* y *S. regularis*, según las muestras del *Bondy*, es esencialmente similar, con la excepción de que esta última especie se encontró en el crucero 5809, mientras que *S. ferox* no fue encontrada. En vista de todos los datos disponibles, es evidente que las tres especies habitan normalmente un área extensiva al oeste y al norte de la región del Perú, por lo que su presencia cerca del continente indica la presencia de aguas procedentes de aquella región.

En resumen, se ha tomado nota de las localidades anómalas de *S. bedoti*, *S. ferox*, *S. peruviana*, *S. pulchra* y *S. regularis* en cuatro estaciones del crucero 5804, que se efectuó durante un período asociado con un "El Niño." Estas apariciones se encuentran registradas en la siguiente tabla, que sumaria una parte de la Tabla 1.

Registros de Especies Anomalas, Crucero 5804, Del Bondy

Especies	Número de la estación			
	32	34	40	63
<i>S. bedoti</i>		2	2	
<i>S. ferox</i>			1	
<i>S. peruviana</i>			18	
<i>S. pulchra</i>			1	
<i>S. regularis</i>	1			1

Es tal vez digno de tomarse en cuenta que *K. pacifica* fue también registrada en las estaciones 32 y 34.

En un sentido estadístico, hay siempre alguna probabilidad de que individuos de cualquier especie sean encontrados, alguna vez, lejos del ambiente normal del margen de su distribución. Ahora surge la pregunta sobre si las apariciones consignadas anteriormente, son debidas al azar o pueden ser atribuidas a condiciones anómalas. Una respuesta a esta pregunta puede obtenerse al probar la hipótesis nula de que no había diferencia en la distribución de las especies, entre la encontrada durante el crucero 5804 y la encontrada durante otros cruceros en la misma área geográfica (el área comprendida por los cruceros 5811, 5906, 6004 y 6011). En otras palabras, se supone que no hay diferencia estadística entre los 4 registros positivos en 54 muestras del crucero 5804 y el registro positivo 0 en 127 muestras de los otros cruceros a lo largo de una mitad meridional de la costa del Perú. La prueba se hace al combinar todos los datos correspondientes al área, de modo que la probabilidad de encontrar un número, n , de indicadores es:

$$P(n) = \frac{T!}{n!(T-n)!} p^n q^{T-n}$$

en donde T es el número de ensayos, p es la probabilidad de éxito en una sola prueba (4/181), y $q = 1-p$. La probabilidad de no encontrar indicadores durante 127 ensayos, tal como ha sido el resultado durante años normales, es:

$$P(0) = \left(\frac{177}{181}\right)^{127} = 0.058$$

Entonces hay menos del 6% de probabilidad de no encontrar indicadores en 127 pruebas, y llegamos a la conclusión, con el 94% de certeza, de que las poblaciones de zooplancton eran significativamente diferentes durante el crucero 5804, que en otras épocas de reconocimiento.

Otra posibilidad de contestar la misma pregunta es la probabilidad de alcanzar por lo menos 4 registros positivos de indicadores en 54 pruebas, con el uso de los datos a que se ha hecho referencia anteriormente. Se

observa que la probabilidad de por lo menos 4, $P(n \geq 4)$, es también $1 - [P(0) + P(1) + P(2) + P(3)]$, en donde

$$P(0) = \binom{54}{0} \left(\frac{4}{181}\right)^0 \left(\frac{177}{181}\right)^{54}$$

$$P(1) = \binom{54}{1} \left(\frac{4}{181}\right)^1 \left(\frac{177}{181}\right)^{53}$$

$$P(2) = \binom{54}{2} \left(\frac{4}{181}\right)^2 \left(\frac{177}{181}\right)^{52}, \text{ y}$$

$$P(3) = \binom{54}{3} \left(\frac{4}{181}\right)^3 \left(\frac{177}{181}\right)^{51}.$$

El cálculo de esta probabilidad da un valor de 0.03, lo que de nuevo hace pensar que las condiciones en efectividad durante el crucero 5804 eran significativamente diferentes de las de los otros períodos examinados en la misma área.

Es un incentivo que estas estadísticas sugieran diferencias significativas, a pesar de las pequeñas cantidades de especies indicadores presentes en las estaciones. Cantidades más grandes de estas especies tal vez hubieran proporcionado más conjeturas estadísticas, pero en vista de que las aguas que contienen los indicadores, los que probablemente vienen del margen del alcance de las especies en donde las cantidades son ya pequeñas, no se pueden esperar grandes densidades ni grandes frecuencias en la aparición de los indicadores.

Uno de los objetivos de este estudio fue la empresa de emplear los quetognatos indicadores para encontrar el origen de las aguas de "El Niño." En vista de las muestras de las cuatro estaciones del crucero 5804, a que se hizo referencia anteriormente, en las que una de ellas (No. 40) contenía una mezcla de especies de los grupos I y II, y otras dos estaciones (Nos. 32 y 63) contenían *S. regularis*, una especie del grupo II, mientras que la estación No. 34 contenía *S. bedoti*, del grupo I, ese objetivo no puede ser realizado en el momento presente. Es posible, sin embargo, establecer lo siguiente: La presencia de *S. bedoti*, *S. peruviana* y *S. pulchra* en esas muestras, muy probablemente es indicativa del agua que las contiene y que previamente fue localizada en el área ocupada por el Agua Superficial Ecuatorial. El transporte de esta agua al área de captura de las especies indicadoras, muy probablemente se operó de la siguiente manera: en 1957, el Agua Superficial Ecuatorial se extendió al sudeste de las Islas Galápagos. Esta agua y el grupo I de indicadores, que contenía, permanecieron al sur del extremo meridional de su localización normal durante el período meteorológicamente "débil" (Bjerknes, ms), indudablemente calentándose *in situ*, y mezclándose hasta cierto grado con el ambiente del Agua Superficial Subtropical. Esto pudo dar como resultado un cuerpo de agua con una mezcla de especies indicadoras de los grupos I y II. Durante los últimos meses de 1957 y los primeros de 1958, persistieron las condiciones de "El Niño" causantes de ese desplazamiento, y esta mezcla de aguas y de los organismos que contenían, se movieron hacia las áreas cercanas a la costa del Perú meridional. La Contracorriente del Perú fue

probablemente el medio de transporte, ya que estas aguas mezcladas y calentadas fueron entonces localizadas bien adentro del área de su influencia. Wyrski (1963) ha demostrado que esta contracorriente se mueve por lo menos hasta los 20-25°S en la superficie, y aún más en profundidades intermedias (unos 300 m).

Esta explicación del movimiento de las especies indicadoras hacia el Perú meridional, coincide completamente con las interpretaciones publicadas sobre las condiciones prevalecientes durante "El Niño" 1957-58. Una mayor evidencia en la afirmación de esta explicación es que los isogramas temperatura-tiempo de las estaciones costeras a lo largo del litoral del Perú, muestran un calentamiento progresivo hacia el sur, al comienzo de 1957. Esta tendencia cálida se hizo sentir anormalmente muy al sur, durante los veranos de 1957 y 1958 (Figura 27). En 1957 las aguas mucho más calientes que de costumbre, aparecieron al sur tan lejos, como por ahí los 14°S. Un gráfico de la anomalía de la temperatura media mensual (Figura 28) muestra que las altas temperaturas persistieron a lo largo de la mayor parte de la costa del Perú, desde febrero de 1957 hasta por lo menos el primer tercio de 1958. La Contracorriente del Perú es el medio más probable por el que las especies fueron transportadas al Perú meridional. El movimiento de esta corriente es lo suficientemente rápido como para permitir fácilmente el transporte dentro del lapso de vida de un quetognato, que es de uno a dos años, desde la región ecuatorial hasta por ahí los 15°S. Por ejemplo, a solamente 0.1 nudo pueden ser atravesadas 1000 millas en un año. Que la contracorriente fue provista con una fuente de Agua Superficial Ecuatorial y con las especies indicadoras contenidas en estas aguas, ha sido afirmado por el estudio de Bjerknes (ms), que comprueba un debilitamiento de los vientos alisios en el período 1955-58. Este debilitamiento precedió la circulación termohalina transecuatorial, anormalmente fuerte, (alimentando la Contracorriente del Perú) apareciendo primero justamente al este de las Islas Galápagos. Intrusiones similares del Agua Superficial Ecuatorial de menor grado, han sido indicadas por las distribuciones de quetognatos según los datos del *Bondy* en la parte media del norte de la costa del Perú, durante las épocas de verano de otros años.

Se observó anteriormente que "El Niño" aparentemente abarca el conjunto de condiciones que, al desarrollarse en el verano del sur durante un período en que la fuerza de los vientos es reducida, resulta en el movimiento hacia el sur de agua cálida de baja salinidad, de la masa de Agua Superficial Ecuatorial a lo largo de la costa del Perú. Asociado con esta circulación modificada hay un ambiente alterado que a su vez produce cambios biológicos acentuados. El predominio, en la literatura, de anotaciones sobre una corriente hacia el sur, de aguas superficiales cerca de la costa, y la presencia de organismos tropicales en el sur, lejos de su alcance normal, hace probable que el fenómeno de "El Niño" sea la condición que da como resultado una intensificación anormal de la Contracorriente del Perú, acoplada con un desplazamiento hacia el sur del Agua Superficial Ecuatorial. Este desplazamiento puede descubrirse por las distribuciones

anormales de los quetognatos, principalmente de aquellas especies del tipo indicador A, grupo I.

Puede originarse agua cálida inusual, cerca de la costa del Perú meridional, por otras condiciones ajenas al fenómeno de "El Niño." Se encuentra una gran celda de agua caliente de salinidad relativamente alta, mar afuera, al oeste del Perú. Las principales especies indicadoras que habitan esa área son *S. ferox*, *S. regularis* y *K. pacifica*. La presencia de estas aguas mar afuera cerca de la costa del Perú, puede ser debida por lo menos a tres causas. Primera, el movimiento hacia el norte del sistema de la Corriente del Perú podría tener a veces un carácter de onda (Gunther, 1936) tal como ha sido descrita la Corriente del Golfo por Stommel (1958). Reflujos o lenguas de aguas cálidas y salinas de alta mar podrían aparecer más cerca de la costa de lo normal, como resultado del movimiento de onda. Esto no puede considerarse como una explicación en vista del carácter semipermanente de las lenguas de agua cálida de alta salinidad, frente al Perú meridional, en contraste con la naturaleza transitoria del reflujo de la Corriente del Golfo. Segunda, la Contracorriente Sud ecuatorial (Reid 1959, 1961) podría intensificarse y traer esas aguas cerca del continente. Finalmente, Wooster (1960) y Bjerknes (1961) han considerado el hecho de que un aminoramiento de la fuerza del viento precede a un calentamiento *in situ*, que a su vez es seguido por un movimiento hacia el este de las aguas de alta mar. Los dos últimos fenómenos parecen tener más posibilidad que el primero y, en realidad, pueden estar relacionados entre sí. Los datos de 1957-58 sobre salinidad confirman por lo menos la interpretación de Wooster. En cualquier caso, el resultado sería la presencia tanto de agua cálida de alta salinidad, como de zooplancton, desde el área de alta mar cercana a la costa.

Es digno de tomarse en cuenta que este movimiento hacia la costa, de las aguas de alta mar y de los indicadores, no coincide necesariamente con el movimiento hacia el sur en la capa superficial. Aún más, no está necesariamente limitado a apariciones durante la temporada de "El Niño" (verano austral). Por estas razones, el movimiento sobre la costa no se considera aquí como necesariamente asociado con el fenómeno de El Niño, como ha sido descrito anteriormente. Es posible, no obstante, que ambos sucesos concurren, porque el agua del norte del frente ecuatorial (el Agua Superficial Ecuatorial) siendo más ligera, puede superponerse a la procedente de alta mar (el Agua Superficial Subtropical). Esto puede suceder cuando los requisitos meteorológicos son extremados tanto en intensidad como en extensión temporal, tal como parece haber sido el caso atribuido a las condiciones extraordinarias asociadas con "El Niño" de 1891 (Bjerknes, 1961).

El afloramiento ha tenido muchas definiciones. El proceso, según se interpreta aquí, es considerado como un movimiento ascendente en virtud del cual las aguas subsuperficiales de profundidades que generalmente no exceden de 100 a 300 m. son traídas a la superficie. Una vez en la superficie, estas aguas son removidas del área del afloramiento por una corriente

horizontal. Aunque esta descripción se refiere al afloramiento en aguas costeras, la definición no excluye procesos similares que se presentan en localidades de mar abierto.

Investigaciones anteriores en la región del Perú han demostrado que el afloramiento ocurre cerca de Cabo Blanco, en Punta Aguja y cerca de Punta Paracas. Ekman (1953, p. 210) expresa que el afloramiento es bastante estable cerca de los 5°S y 15°S; Schweigger (1959) anotó que una de las principales áreas de afloramiento está frente a Atico (16°13'S); y Wyrski (1963) informó sobre dos lugares que coinciden aproximadamente con las áreas de Cabo Blanco-Punta Aguja y Punta Paracas. Los gráficos de la temperatura de superficie, y la distribución del fosfato y el oxígeno, según los datos de la expedición STEP-I (Figuras 29, 30 y 31) reflejan claramente el afloramiento en estas dos áreas.

Cinco de las siete especies de quetognatos, clasificadas como tipo B, basados sobre los datos de la expedición STEP-I, fueron observados en el material del *Bondy*. La distribución de estas especies aparecen en las Figuras 15 a 19. Aparecieron consistentemente concentraciones de *S. minima* frente a Cabo Blanco, Punta Aguja y Punta Paracas. *S. hexaptera* se encontró ampliamente a lo largo de la costa, pero las concentraciones de esta especie fueron más intensas en las áreas de afloramiento. *S. decipiens*, *K. subtilis* y *E. hamata* se mostraron menos frecuentemente que las dos especies que acaban de mencionarse; cuando aparecieron, fueron observadas solamente dentro de aquellas dos áreas generales. Como todas estas especies habitan normalmente las aguas subsuperficiales, su presencia en la superficie, en estaciones cerca de la costa ocupadas en la expedición STEP-I, también afirman la interpretación de que su presencia está asociada con las aguas afloradas.

Las Figuras 32 a 36 ilustran la distribución vertical de la anomalía termostérica (δT) correspondiente a los dos perfiles de la expedición STEP-I, que se extiende hacia el mar desde las áreas afloradas. La presencia y la abundancia relativa de los indicadores del tipo B también se pueden ver en esas figuras. Estos datos, combinados con los mencionados anteriormente con respecto a la distribución vertical de esos indicadores, ilustran el hecho de que los indicadores del tipo B están generalmente confinados a los estratos subsuperficiales de alta mar, pero son aflorados con las aguas cerca de la costa y consecuentemente aparecen allí, en la superficie.

El material del *Bondy* sugiere que el afloramiento persiste en las dos áreas descritas, por lo menos hasta cierto punto, en todo tiempo. Esto debe ser previsto tomando en cuenta el hecho de que la densidad de la superficie debe mantener una inclinación hacia arriba, en dirección a la costa. Esta inclinación está impuesta sobre la densidad de la distribución por la presencia de la Corriente Costera del Perú. Durante las épocas de "El Niño," la inclinación puede ser reducida debida a la disminución de la fuerza del viento y el subsiguiente retardo de la corriente, pero aparentemente existe siempre y se mantiene en la misma dirección.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Agassiz, Alexander

- 1883 Exploration of the surface fauna of the Gulf-Stream, III, Part I, the *Porpitidae* and *Veellidae*.
Mem. Mus. Comp. Zool., Harvard Co., Vol. 8, No. 2, pp. 1-16.

Ahlstrom, E. H.

- 1948 A record of pilchard eggs and larvae collected during surveys made in 1939 to 1941.
U. S. Fish & Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept., Fish. No. 54, pp. 1-76.

Bary, B. M.

- 1959 Temperature-salinity-plankton diagrams: Some applications to oceanography and ecology.
15th Internat. Congr. of Zool., Sect. III, Paper 45, pp. 1-4.

Bieri, Robert

- 1957 The chaetognath fauna off Peru in 1941.
Pacific Science, Vol. XI, pp. 255-264.
- 1957 Distribution of the planktonic Chaetognatha in the water masses of the Pacific.
Unpubl. doctoral dissertation, Univ. of Calif., Scripps Inst. of Oceanogr.
- 1959 The distribution of planktonic Chaetognatha in the Pacific and their relationship to the water masses.
Limn. & Oceanogr., Vol. IV, No. 1, pp. 1-27.

Bigelow, H. B.

- 1926 Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine.
U. S. Bur. Fish., Bull. 40, No. 21, pp. 1-509.

Bjerknes, Jacob

- 1961 "El Niño" study based on analysis of ocean surface temperature 1935-57.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 5, No. 3, pp. 217-272 (English), pp. 273-304 (Spanish).

Caballero y Lastres, E.

- 1935 La corriente del Perú.
Revista del Consejo Oceanogr., Ibero-Americano, Año 6, No. 1,
pp. 45-60.

David, P. M.

- 1955 The distribution of *Sagitta gazella* R-Z.
Discovery Report, 27, pp. 235-278.

Ekman, Sven

- 1953 Zoogeography of the sea.
Sidwick & Jackson, London, 417 p.

Forsbergh, E. D.

- 1961 Progress Report, STEP-I Expedition 15 September-14 December
1960. Preliminary Report, Part II. Biological, photometric and
additional chemical data.
Scripps Inst. of Oceanogr., Ref. 61-18 (mimeographed).

Fraser, J. H.

- 1952 The Chaetognatha and other zooplankton of the Scottish area and
their value as biological indicators of hydrographic conditions.
Scottish Home Dept., Mar. Res. Pub. 2, 52 p.

Furnestin, M. L.

- 1953 Contribution a l'étude morphologique, biologique et systematique
de *Sagitta serrato-dentata* Krohn dans les eaux atlantiques du Maroc.
Inst. Oceanogr., Bull. 50, No. 1025, 39 p.

Gunther, E. R.

- 1936 A report on oceanographical investigation in the Peru Coastal
Current.
Discovery Report, 13, pp. 107-276.

Haffner, R. E.

- 1952 Zoogeography of the bathypelagic fish *Cbauliodus*.
Systematic Zool., Vol. 1, No. 3, pp. 113-133.

Meek, A.

- 1928 On *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* from the Northumbrium plankton, with a note on a trematode parasite.
Zool. Soc. Proc., pp. 743-776.

Murphy, R. C.

- 1926 Oceanic and climatic phenomena along the west coast of South America during 1925.
Geogr. Rev., Vol. 16, No. 1, pp. 26-54.

Paquette, R. G., E. Scott, and P. N. Sund

- 1961 An enlarged Clarke-Bumpus plankton sampler.
Limn. & Oceanogr., Vol. 6, No. 12, pp. 230-233.

Pickford, G. E.

- 1946 *Vampyroteuthis infernalis* Chun and archaic dibranchiate cephalopods. 1. Natural history and distribution.
Dana Rep., 29, pp. 1-40.
- 1952 The Vampyromorpha of the Discovery Expedition.
Discovery Rep., 26, pp. 197-210.

Pierce, E. L.

- 1953 The Chaetognatha over the continental shelf of North Carolina with attention to their relation to the hydrography of the area.
J. Mar. Res., Vol. 12, No. 1, pp. 75-92.

Pierce, E. L. and J. H. Orton

- 1939 *Sagitta* as an indicator of water movements in the Irish Sea.
Nature, No. 144, p. 784.

Pierce, E. L. and M. L. Waso

- 1962 Chaetognatha from the Florida Current and coastal water of the southeastern Atlantic States.
Bull. Mar. Sci. Gulf & Carib., Vol. 12, No. 3, pp. 303-341.

Posner, G. S.

- 1954 The Peru Current.
Scientific American, Vol. 190, No. 3, pp. 66-71.
- 1957 The Peru Current
Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Vol. XVI, No. 2, pp. 106-155.

Reid, J. L., Jr.

- 1959 Evidence of a South Equatorial Countercurrent in the Pacific Ocean.
Nature, No. 184, pp. 209-210.
- 1961 On the geostrophic flow at the surface of the Pacific Ocean with respect to the 1,000-decibar surface.
Tellers, Vol. 13, No. 4, pp. 489-502.

Schweigger, Erwin

- 1959 Die Westküste Südamerikas im Bereich des Peru-Stroms.
Heidelberg-München: Keyserische Verlagsbuchhandlung GmbH.
- 1960 Fenómenos hidrográficos y biológicos en el sur del Perú y en el norte de Chile.
Revista de Biol. Mar., Vol. X, (Nos. 1, 2 y 3), pp. 51-68.

Sears, Mary

- 1954 Notes on the Peruvian Coastal Current. 1. An introduction to the ecology of Pisco Bay.
Deep Sea Res., Vol. 1, pp. 141-169.

Semple, William

- 1931 Plankton changes on the coast of Ecuador.
Nature, No. 127, p. 743.

SIO Reference 58-85

- 1958 Physical and chemical data, DOWNWIND Expedition, 21 October 1957 to 28 February 1958.
Scripps Inst. of Oceanogr. (mimeographed).

Stommel, Henry

- 1958 The Gulf Stream.
Univ. of Calif. Press, Berkeley, 202 p.

Sund, P. N.

- 1959 A key to the Chaetognatha of the Tropical Eastern Pacific Ocean. Pacific Science, Vol. 13, No. 3, pp. 269-285.
- 1961 Some features of the autecology and distribution of Chaetognatha in the Eastern Tropical Pacific. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 5, No. 4, pp. 305-331 (English), pp. 332-340 (Spanish).

Sund, P. N. and J. A. Renner

- 1959 The Chaetognatha of the Eastropic Expedition, with notes as to their possible value as indicators of hydrographic conditions. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 9, pp. 393-422 (English), pp. 423-436 (Spanish).

Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming

- 1942 The Oceans. Prentice Hall, Inc., New York, 1087 p.

Thomson, J. M.

- 1947 The Chaetognatha of South-eastern Australia. Austral. Council Sci. Indus. Res., Bull. 222, 43 p.

Tokioka, Takasi

- 1959 Observations on the taxonomy and distribution of chaetognatha of the north Pacific. Publ. of the Soto Marine Biol. Lab., Vol. 7, No. 3, pp. 349-456 plus tables.

Wooster, W. S.

- 1960 El Niño. Calif. Coop. Oceanic Fish. Inv., Rept. No. 7, pp. 43-45.
- 1961 Yearly changes in the Peru Current. Limn. & Oceanogr., Vol. 6, No. 2, pp. 222-226.
- 1961 Data Report, STEP-I Expedition 15 September-14 December 1960. Preliminary Report, Part I. Physical and chemical data. Scripps Inst. of Oceanogr., Ref. 61-9.

Wooster, W. S. and M. Gilmartin

- 1961 The Peru-Chile Undercurrent.
J. Mar. Res., Vol. 19, No. 3, pp. 97-122.

Wooster, W. S. and F. Jennings

- 1955 Exploratory oceanographic observations in the eastern tropical Pacific, January to March 1953.
Calif. Fish and Game, Vol. 41, No. 1, pp. 79-90.

Wyrtki, Klaus

- 1963 The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current.
Bull., Scripps Inst. of Oceanogr., Vol. 8, No. 4, pp. 313-346.