



Instituto del
Mar del Perú



Universidad Nacional
Agraria, La Molina



Asociación
Latinoamericana
de Investigadores
en Ciencias del
Mar



Deutsche
Gesellschaft für
Technische
Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

volumen extraordinario

*Recursos y Dinámica del Ecosistema de
Afloramiento Peruano*

Editores:

Horst Salzwedel y Antonio Landa

*Memorias del 2do Congreso
Latinoamericano sobre Ciencias del Mar
(COLACMAR),
17-21 Agosto de 1987, Lima, Perú*

TOMO I

Callao-Perú 1988

Una Retrospectiva a El Niño 1982-83: Que hemos aprendido ?

WOLF ARNTZ¹ y JUAN TARAZONA²

¹ Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Columbusstraße, D-2850 Bremerhaven, República Federal de Alemania

² Grupo DePSEA, Facultad de Ciencias Biológicas, UNMSM, Lima, Perú

RESUMEN

El "Niño del siglo" 1982-83, debido a sus peculiaridades inesperadas, sorprendió fuertemente a la comunidad científica. Como consecuencia, incluso en las ciencias biológicas marinas, donde los efectos fueron drásticos y a menudo obvios, en general se colectó menos información de lo que hubiera sido posible y deseable.

De este panorama hay algunas excepciones, principalmente en lo referente al estudio de las comunidades benthicas y costeras. La reciente información acumulada en estos campos forma la base para una evaluación crítica del avance científico durante y después del fenómeno. Al mismo tiempo permite la ubicación de problemas y la formulación de proyectos de investigación para el futuro. Si bien es evidente que en este momento ya disponemos de una visión más clara de los efectos inmediatos, sean positivos o negativos, de un fenómeno extraordinariamente fuerte, la incertidumbre ante un nuevo El Niño mucho más tenue en 1986-87, nos dió una lección que hay que evaluar.

Por otro lado, se ha avanzado muy poco en el estudio de los mecanismos que desencadenan elevadas mortalidades de algunas especies y la proliferación inusual de otras. Sin embargo, ya tenemos alguna visión más integral sobre el efecto latitudinal, la gradiente vertical, los efectos previos a la llegada de las ondas Kelvin, los efectos post-Niño y los efectos de largo plazo. No obstante, hasta el momento, sólo podemos hipotetizar tanto sobre la historia evolutiva de El Niño, como sobre su significancia para el origen de las comunidades marinas del presente.

Las investigaciones futuras deben tener un enfoque multidisciplinario, sin descuidar los aspectos básicos. Esto debería implicar: un mayor esfuerzo de las universidades a lo largo del litoral pacífico; investigaciones más continuadas; trabajos experimentales comparativos en diferentes lugares, a fin de saber más sobre los mecanismos involucrados; una mayor cooperación entre los científicos que trabajan en comunidades y problemas semejantes de las diversas latitudes; y un mayor intercambio de información entre los investigadores de comunidades actuales, paleontólogos, sedimentólogos y arqueólogos.

Se concluye que sin duda hemos aprendido algo durante El Niño 1982-83; sin embargo, estaríamos aprovechando muy poco si no aceptamos nuestro reto de continuar profundizando estas investigaciones.

ABSTRACT

A retrospective of El Niño 1982-83: What have we learned? The sudden appearance of the secular El Niño of 1982-83, with its unexpected peculiarities, caught the scientific community with surprise. As a consequence, even the marine biologists who were confronted with drastical and often obvious effects in the sea generally collected less information than would have been possible and desirable.

There are certain exceptions to this conclusion, especially concerning the study of benthic and coastal communities. Recent information accumulated in these fields provides the base for a critical evaluation of scientific progress during and after the phenomenon, allowing at the same time for a definition of problems and the formulation of future research projects. Whereas it is evident that at present we have gained a somewhat clearer vision of the immediate effects, positive or negative, of an extraordinarily strong event, the uncertainty about another, much weaker El Niño in 1986-87 taught us a lecture which merits to be evaluated.

There has as yet been very little progress in defining the mechanisms which cause high mortalities for some species and unusual proliferations of others. On the other hand, we have learned a great deal as to latitudinal effects, vertical gradients, processes prior to the arrival of the Kelvin waves, effects subsequent to the event, and long-term changes. Even with all this information at hand, we can only hypothesize about the evolutionary history of El Niño and its significance for present day marine communities.

Future investigations should have a multidisciplinary focus but, at the same time, promote basic research in the different fields. This means that the universities along the Pacific coast will have to get more strongly involved; the investigations have to be of a more continuous character; comparative experimental work will have to be carried out at different localities in order to learn more about the mechanisms involved; there is a need for more cooperative research among scientists working on similar communities and problems at different latitudes; and there must be an increased exchange of information among recent community biologists, paleontologists, sedimentologists and archeologists.

There is no doubt that we have indeed learned something during El Niño 1982-83; but we would make little use of this increased information if we did not accept the challenge to continue our studies in a more profound and concise manner

INTRODUCCION

En las costas americanas de bajas latitudes del Pacífico, El Niño (EN) constituye una parte inherente de la dinámica del ecosistema masivo y costero. Esto es válido para eventos EN de una intensidad normal, los cuales ocurren cada 3 ó 6 años (QUINN *et al.*, 1987). Estos EN "normales", que son clasificados como fenómenos débiles, moderados y fuertes, elevan la temperatura superficial del mar en no más de 5 °C. Sin embargo, existen otros eventos mucho más fuertes, los "superNiños", que aparentemente son mucho más escasos (RIVERA, 1987) y ocurrirían no más de una o dos veces por siglo. La literatura reciente ha reportado varios de estos eventos excepcionales en el pasado, aunque en algunos casos no hay una determinación precisa de la fecha, debido a que no están basados sólo en fuentes históricas de después de la conquista, sino también en investigaciones de sitios arqueológicos, estratificación de los sedimentos y del hielo de los glaciares, la depositación de metales pesados en colonias de corales o los anillos de crecimiento de árboles y conchas de moluscos (SANDWEISS *et al.*, 1983; SHEN y BOYLE, 1984; LOUGH y FRITTS, 1985; De VRIES, 1986; ROLLINS *et al.*, 1986; THOMPSON y MOSLEY-THOMPSON, 1986; WELLS, 1987).

El último EN extraordinariamente fuerte se presentó en 1982-83. Las características particulares de su desarrollo y su aparición demasiado temprano en el transcurso del año, causó desconcierto entre los oceanógrafos quienes recién lo aceptaron como EN en octubre de 1982. Quedaron sorprendidos de su magnitud e inmediatamente se empezó a organizar programas de emergencia. Este EN ha contribuido más que cualquier otro a nuestra comprensión del desarrollo del fenómeno y sus efectos biológicos. La consecuencia fue una verdadera ola de literatura, la cual en parte se publicó en volúmenes de simposios (ARNTZ *et al.*, 1985; ROBINSON y DEL PINO, 1985; WOOSTER y FLUHARTY, 1985; CONCYTEC, 1985; CPPS, 1984) y el resto como revisiones individuales (p.ej., ARNTZ, 1986; BARBER y CHAVEZ, 1983, 1986).

A pesar de la ocurrencia de otro EN moderado en los años 1986-87, el interés científico sigue concentrándose en la evaluación de los datos del Super-EN 1982-83. El material de datos disponible hasta el momento, aunque insuficiente y en muchos casos poco comparable por las diferencias en metodología, ha revolucionado nuestro conocimiento. En lo que sigue trataremos de discutir aprendido de EN 1982-83 qué hemos, cuáles son las mayores deficiencias en la comprensión de los aspectos biológicos y cómo resolver dichas deficiencias en los años sucesivos. En consecuencia, nuestro objetivo con esta retrospectiva no es la repetición de datos ya publicados, sino la ilustración de contextos y la integración de las diversas escalas y compartimentos del ecosistema. Acorde con su especialización científica, los autores se concretarán fundamentalmente a los niveles más altos a aspectos meteorológico-oceanográficos, biología de los nutrientes y la producción primaria, ya existen buenas compilaciones recientes (p.ej., BARBER y CHAVEZ, 1986; ENFIELD, 1987; LEETMA *et al.*, 1987).

RESUMEN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

Termoclina, viento, afloramiento y nutrientes

EN 1982-83 trajo revelaciones básicas sobre la interacción de los vientos, el afloramiento y el suministro de nutrientes en la zona eufótica. La imagen es relativamente clara para las aguas lejanas de la costa. Aparentemente el factor más importante para los cambios observados en el sistema pelágico no es (como se supuso por mucho tiempo) el colapso de los vientos dirigidos hacia mar adentro y consecuente mente, del mecanismo de afloramiento, sino el hundimiento de la termoclina a profundidades tan grandes que ya no hay transporte de nutrientes a la superficie. A pesar de que el viento persistió durante la mayor parte de EN, reforzándose incluso en algunas ocasiones, el afloramiento no tuvo un efecto biológico positivo ya que se desarrolló en la capa de agua caliente y pobre (GUILLEN, 1985; BARBER y CHAVEZ, 1986). Se redujo por este hecho especialmente el contenido de nitratos lo que influyó de manera nociva en la producción primaria de la columna de agua y posiblemente también, el flujo de materia orgánica hacia los fondos.

Contrario al océano abierto, las cantidades de nutrientes en aguas someras cercanas a la orilla, p.ej. en la Bahía de Ancón (TARAZONA *et al.*, 1985a) se quedaron relativamente altas durante EN, aunque - por lo menos

en la fase posterior del fenómeno - las aguas foráneas cubrieron prácticamente toda el área. Posiblemente los procesos de recirculación y resuspensión en esta región, reforzadas por las marejadas y oleajes fuertes durante el fenómeno, causan, aún bajo condiciones de EN, un transporte relativamente fuerte de nutrientes a la columna de agua. Estos procesos deberán estudiarse minuciosamente en el futuro ya que sabemos muy poco sobre sus detalles.

Producción primaria

Una consecuencia directa de la escasez de nutrientes en la zona eufótica fue la producción drásticamente reducida de fitoplancton durante EN. Lo mismo se mostró también en aguas cercanas a la costa aunque en menor grado (BARBER y CHAVEZ, 1986; TARAZONA *et al.*, 1985a). Simultáneamente con ésto cambió profundamente la composición por especies del fitoplancton, siendo reemplazadas las pequeñas diatomeas dominantes bajo condiciones normales por especies (sub)tropicales, las que fueron transportadas al área con las aguas que invadieron desde regiones ecuatoriales y oceánicas. Muchas de estas especies en su mayoría dinoflagelados y coccolitofóridos son indicadores para ciertas masas de aguas y claramente definibles en lo que se refiere a su área de origen (ROJAS DE MENDIOLA *et al.*, 1985; OCHOA *et al.*, 1985). Después de EN el ecosistema pelágico regresa rápido a su estado normal, mostrando algunas especies fitoplanctónicas autóctonas en esta fase valores incluso más altos que antes del evento.

Las algas bénticas fueron investigadas insuficientemente durante EN 1982-83. Durante los primeros ascensos del nivel del mar hay, conectado con el transporte de estadios reproductivos, una colonización temprana por algas verdes, especialmente *Ulva costata*, seguido por un período de colapso de la mayoría de los stocks de algas locales durante el tiempo de las más altas temperaturas en verano. A fines de marzo y en abril 1983 en las playas de la costa central del Perú vararon grandes cantidades de algas pardas muertas (*Macrocystis pyrifera*, *Lessonia* spp.). En este período, aun durante el fenómeno, se inició una sucesión de algas colonizantes que empezó con algas verdes y continuó con algas rojas hacia el fin de EN y algas pardas hasta fines del 1983. En la fase tardía de EN y medio año después se establecieron grandes poblaciones de algas en el litoral, favorecidos por el colapso de las poblaciones de pastoreadores y de los mitílidos y balánidos que normalmente también compiten por espacio (véase abajo). Contrario a las demás algas, la recolonización de las grandes algas pardas formadoras de "bosques" tardó hasta 3 años en algunos lugares.

Aparte de un registro detallado de las algas contribuyentes de la sucesión y las diferentes fases de aquella misma (ambos estudios se hicieron en cierto detalle sólo en las Islas Galápagos; LAURIE, 1985), el principal hecho que necesitará mayor atención en el futuro es el estudio de los factores causantes de la alta mortalidad de las algas durante el climax del evento. Se están discutiendo tanto las altas temperaturas, la alta radiación solar o las marejadas, así como la falta de nutrientes como se observó en California (DAYTON, 1984; ZIMMERMANN y ROBERTSON, 1985).

Para las bacterias filamentosas que son químio-autotróficas puede esperarse una reducción durante EN a favor del macrobentos normal. Esto ha sido verificado por lo menos para los fondos de mayor profundidad (ZAFRA *et al.*, 1988); así mismo, para las aguas someras de la Bahía de Ancón, TARAZONA (no publ.) encontró una reducción durante EN.

Excluyendo las Islas Galápagos (HAMANN, 1985; LUONG y TORO, 1985; WEBER y BECK, 1985), datos publicados sobre la reacción de la vegetación terrestre a EN son escasos. Con la excepción de plantas aridófilas, que fueron mermadas (como las opuntias en las Islas Galápagos) por las intensas lluvias, EN 1982-83 causó en general un desarrollo explosivo de la vegetación en tierra. En áreas desérticas del Perú donde no se había registrado ninguna vegetación por décadas, pero que aparentemente tenían una gran reserva de semillas y bulbos desde eventos anteriores, hubo un gran proliferación de vegetación durante 1982-83 (ARNTZ, 1986). La mayoría de las plantas florecieron y dieron semillas, acumulando de esta manera nuevas reservas para otro EN fuerte en el futuro.

Producción secundaria (incluida terciaria) en el mar

Los cambios observados en la zona pelágica reducción de los pequeños zooplancteres herbívoros, cambios en la composición del zooplancton favoreciendo organismos de mayor tamaño, a menudo predadores de aguas tropicales son una consecuencia directa del impacto de EN en la base de las cadenas tróficas. La "tropicalización" (TARAZONA, 1985a) del zooplancton también es fuerte, pero como en el fitoplancton de corta duración. Las larvas y juveniles de las especies de peces autóctonos, especialmente anchoveta y sardina, son escasos durante EN y después debido a la reproducción restringida o nula de estas especies que sufren de la falta de su alimento normal y consecuentemente de una mala condición (SANTANDER y ZUZUNAGA, 1984; SANTANDER y SANDOVAL, 1985; ZUZUNAGA y ÑIQUEN, 1985).

Tanto la anchoveta como la sardina tratan de escapar a las aguas superficiales calientes y empobrecidas. Estas migraciones son de gran magnitud. Al iniciarse un EN fuerte muchos peces tratan de retirarse a los restos de aguas frías cercanas a la costa que han quedado de las lenguas más importantes de afloramiento, y que ofrecen

todavía la composición de alimento planctónico de épocas normales. Sin embargo, la mayoría de los peces migran hacia aguas más profundas o hacia el sur (principalmente las sardinias), donde el impacto de EN es menor. Al mismo tiempo los jureles y las caballas se acercan a la costa en toda el área entre Ecuador y Chile, incrementando así la depredación subtropicales y tropicales inmigran a la región de la Corriente de Humboldt; durante EN 1982-83 se presentaron tanto frente al Perú como frente a Chile más de 50 especies incluyendo las demersales, entre ellas muchas especies depredadoras como dorados, atunes, escómbridos y selaquios (VELEZ y ZEBALLOS, 1985; KONG *et al.*, 1985; HOYOS *et al.*, 1985). La mayoría de los peces demersales autóctonos (merluza, vocador, sciaenidos y lenguados) se retiraron de las aguas costeras y migraron hacia áreas más profundas de la plataforma e incluso la parte superior del talud continental (ARNTZ, 1986). Especies planctófagas de aguas someras como el pejerrey (*Odontesthes regia regia*) desaparecieron. Las lisas micrófagas se convirtieron en las especies dominantes cerca a la orilla (VALDIVIA y ARNTZ, 1985). El stock de peces resultante de todas estas migraciones tiene muy poca semejanza con la composición normal de especies en la Corriente de Humboldt. Sin embargo, este sistema parcial también vuelve relativamente rápido a su estado anterior cuando termina la anomalía de temperatura aunque algunos elementos permanecen algún tiempo después de finalizado EN. Es especialmente esta fase de retiro que se ha investigado muy poco hasta la fecha.

Los efectos de EN 1982-83 en la fauna de invertebrados de los fondos marinos fueron muy variados. En las aguas someras tanto de las playas de arena como de la orilla rocosa hubo mortandades masivas de muchas especies de moluscos, crustáceos y equinodermos (ARNTZ, 1986). Por otro lado, las áreas que eran normalmente hipóxicas, pero ricas en alimento, se hicieron disponibles a la fauna, gracias a la mayor cantidad de oxígeno disuelto durante y después de EN. Esto permitió también que el bentos persistiera algún tiempo después del fenómeno (ARNTZ *et al.*, 1985; TARAZONA *et al.*, 1985b, 1988a, b). También entre las especies bentónicas hubo un gran número de invasores tropicales, algunos - como en el caso de las jaibas nadadoras y los langostinos peneidos - desde la primera fase del calentamiento antes de fines del año 1982, otros en fases posteriores de EN o después (ARNTZ, 1986, 1988). Algunas especies, como el percebe *Pollicipes elegans*, llegaron como larvas al iniciarse los cambios oceanográficos, aunque llegaron a ser componentes dominantes del ecosistema béntico recién después del fenómeno (TARAZONA *et al.*, 1985a).

El fuerte incremento de especies depredadoras de la macro- y megafauna podría haber sido responsable para que en algunas partes de la plataforma continental (a 50 - 100 m de profundidad) no haya habido un incremento del bentos o este incremento no haya sido espectacular (ARNTZ *et al.*, 1985). En aguas someras hasta una profundidad de ca. 40 m, especialmente alrededor de la península de Paracas, al sur de Pisco/Perú, también hubo una proliferación sin precedentes de especies locales tolerantes a temperaturas altas, como la concha de abanico *Argopecten purpuratus* (WOLFF, 1984, 1987; ARNTZ *et al.*, 1988).

Pesquería

Los fuertes cambios ya descritos de los parámetros ambientales abióticos y de las cadenas tróficas, tanto como las diferentes maneras como peces e invertebrados reaccionaron a estos cambios a través de migraciones, alteraciones en su comportamiento reproductivo o su estado fisiológico, mortalidad o proliferaciones, han influido en las pesquerías industrial y artesanal de una manera diferente. Aparte de diferencias relacionadas a las especies o las pesquerías también existen diferencias de carácter regional.

La pesquería industrial de anchoveta y sardina, principalmente con redes de cerco, se vió fuertemente desfavorecida frente al Perú ya que estas dos especies desaparecieron casi totalmente de las aguas superficiales y por lo tanto, del alcance de las redes. La presencia abundante de los jureles, por otro lado, no pudo ser aprovechada por falta de instalaciones adecuadas para la captura, procesamiento y mercadeo de esta especie. Frente a Chile la situación fue diferente; allí hubo capturas excepcionalmente grandes de sardinias, que habían migrado hacia el sur y se quedaron en las aguas superficiales menos calientes. Al mismo tiempo tuvieron un fuerte aumento de las capturas de jurel.

En toda el área entre el norte de Perú y norte de Chile, la pesca demersal de arrastre se efectúa sólo en el Perú, al norte de Chimbote. Esta pesquería colapsó cuando en diciembre 1982 la especie más importante, la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) con muchas especies acompañantes se dirigió hacia aguas más profundas y se dispersó al mismo tiempo de tal manera que la pesca ya no dió resultados. La interrupción de su captura y el mejoramiento simultáneo de las condiciones de O₂ y alimento en los fondos debería haber causado un mejor reclutamiento después de EN 1982-83, semejante al observado después de EN 1972-73. En este caso el desarrollo positivo se manifestó en la pesquería recién después de un lapso de 5 ó 6 años, en 1978 (WOSNITZA-MENDO y ESPINO, 1986).

La pesquería artesanal fue afectada, al iniciarse EN 1982-83, primero por la emigración de las especies de peces costeros hacia aguas de mayor profundidad, lo que causó una severa reducción de los desembarques. Posteriormente los inmigrantes tropicales (principalmente el dorado, *Coryphaena hippurus*, y escómbridos)

trajeron una cierta mejora. Sin embargo, estas especies fueron aceptadas por la población con una demora de varios meses. Los tiburones y las rayas que también inmigraron en cantidad causaron más daños en las redes que beneficios (VALDIVIA y ARNTZ, 1985). La rápida recuperación de casi todas las especies de peces después de EN (una excepción fue el pejerrey) indica que en la mayoría de los casos se retiraron a mayores profundidades ante el impacto del fenómeno; en consecuencia la emigración y no mortalidad fue la causa principal de las capturas reducidas.

En la pesquería artesanal de los mariscos EN afectó más que nada a los pescadores trabajando en el intermareal ya que sus objetos de pesca sufrieron una mortandad casi total. Algunas especies emigraron hacia mayor profundidad sólo por un lapso intermedio, siendo el mejor ejemplo para este grupo el chanque (chil. "loco"), *Concholepas concholepas*. A excepción de la concha de abanico (chil. "ostión"), *A. purpuratus* (WOLFF, 1984, 1985; ARNTZ, 1988) y la macha *Mesodesma donacium* (ARNTZ *et al.*, 1987) prácticamente no hay datos cuantitativos para el período antes de y durante el EN. La concha de abanico reemplazó como especie dominante en las estadísticas de pescas al choro (chil. "cholga"), *Aulacomya ater*, que fue altamente afectado por el evento. Los mitílidos en general demostraron un impacto decreciente de EN al alejarse del Ecuador (SOENENS, 1985; TARAZONA *et al.*, 1985a; TOMICIC, 1985). Entre las especies locales, aparte de la concha de abanico, el caracol *Thais chocolata* y el pulpo *Octopus fontaneanus*, mostraron tendencias positivas. Entre las especies inmigrantes tan sólo los langostinos (principalmente *Xiphopenaeus riveti*), la langosta (*Panulirus gracilis*) y hasta cierto grado el percebes (*Pollicipes elegans*) se convirtieron en objetos de importancia comercial (KAMEY y ZEBALLOS, 1988).

Consumidores finales

Los cambios en la base de las cadenas tróficas marinas afectan no sólo las poblaciones de peces sino también los animales de sangre caliente y los reptiles marinos. Así el factor principal para la alta mortalidad de los lobos marinos y aves guaneras es la desaparición de los cardúmens de peces pelágicos de la capa superior del mar. Las aves no encuentran su comida en los lugares acostumbrados y no pueden bucear lo suficientemente profundo como para alcanzar los peces a mayores profundidades; no tienen reproducción alguna; o los nidos, huevos e incluso pichones son abandonados; millones de aves guaneras emigran y la gran mayoría de ellas mueren (DUFFY, 1983; TOVAR y CABRERA, 1985; ARNTZ, 1986; DUFFY *et al.*, en prensa). Los lobos, que sí pueden bucear a mayor profundidad, alcanzan parte de los peces pero tienen que quedarse más tiempo en el mar y la energía necesaria para los buceos es mucho más costosa que en épocas normales. Los juveniles de las últimas clases de edad, todavía dependientes de sus madres, mueren casi sin excepción, pero también entre los adultos hay muchos que no sobreviven al stress de un EN fuerte (TRILLMICH, 1984; MAJLUF, 1985; TRILLMICH y LIMBERGER, 1985; TRILLMICH *et al.*, 1986).

Las iguanas marinas en las Islas Galápagos (*Amblyrhynchus cristatus*) mostraron también una alta mortalidad debido a los cambios de su base alimenticia; sin embargo, en este caso se trató de algas marinas, las que al igual que en los acontecimientos del Perú, fueron reducidas y posteriormente reemplazadas por otras especies de algas que no pudieron ser digeridas por los reptiles (LAURIE, 1984). En algunas islas de las Galápagos las iguanas terrestres (*Conolophus subcristatus*) se reprodujeron dramáticamente cuando aumentó la vegetación en tierra. Sin embargo, cuando las condiciones normales áridas se restablecieron y la vegetación exuberante desapareció, las iguanas mostraron una alta mortandad de sus juveniles que tiene que resultar en un fuerte decremento (TRILLMICH, pers. comm.).

Observaciones parecidas existen sobre tortugas gigantes en las Islas Galápagos (CAYOT, 1985), la reacción de pájaros y arterópodos terrestres en estas mismas islas (GIBBS y GRANT, 1987; LUBIN, 1987), etc. Aparentemente no hay información publicada sobre estos acontecimientos de la costa continental sudamericana donde los cambios no fueron menos drásticos, tanto con respecto a la vegetación (véase arriba) como sobre el impacto del fuerte EN 1982-83 en la fauna.

ALGUNAS CONSIDERACIONES INTEGRADORAS

El efecto latitudinal

El calentamiento causado por EN aparece primero en la costa oeste americana a la altura del ecuador y se extiende entonces hacia el sur y norte. Si bien las anomalías de las temperaturas no necesariamente son más altas en la línea del ecuador (cf. CUCALON, 1987), lo son por lo menos en la cercanía del mismo, reduciéndose fuertemente en dirección a los polos. Al sur del ecuador la fauna y flora muestran grandes semejanzas en un amplio rango de latitudes, debido al efecto de enfriamiento de la Corriente de Humboldt se convierte durante EN en un enorme laboratorio al aire libre donde los efectos del fenómeno en las mismas especies de la fauna y flora se muestran de manera decreciente. Cambios decrecientes se muestran principalmente en las temperaturas superficiales del mar donde anomalías de +11 C en el norte del Perú contrastan con valores del <1 C en el

centro de Chile, el oxígeno disuelto en la cercanía de los fondos, las marejadas y - en tierra - las cantidades de lluvia.

Mientras que las desviaciones fuertes de las condiciones ambientales cerca al ecuador sobrepasan frecuentemente los límites de tolerancia de las especies locales y causan mortalidades o por lo menos cambios del comportamiento como emigración, reproducción etc., las desviaciones menos drásticas en dirección al polo causan a menudo respuestas positivas en las mismas o en especies muy cercanamente emparentadas; p.ej. un crecimiento acelerado o un reclutamiento más exitoso. Buenos ejemplos para ello ofrecen especialmente los moluscos, (*Semimytilus algosus*, *Mesodesma donacium*) aunque también algunos crustáceos, erizos y peces. La comparación de tales especies nos puede dar buenas informaciones sobre su fisiología. Especies migratorias activas (peces, crustáceos) se trasladan al sur para quedarse en áreas con condiciones favorables o por lo menos soportables. En muchos casos - p.ej. las jaibas y los langostinos - los datos existentes no permiten una diferenciación entre el transporte pasivo de huevos y larvas con las corrientes y la inmigración activa de juveniles y adultos. En algunos casos - p.ej. en las jaibas - parecen haber ocurrido ambas cosas.

Ciertas especies que hace períodos geológicamente cortos (2 - 3 millones de años) habitaron regiones más cálidas parecen haber guardado su tolerancia a temperaturas altas y se desarrollan muy favorablemente bajo condiciones de EN, como demuestran los casos de la concha de abanico y del caracol. Su mejor reclutamiento es adicionalmente favorecido por la mortalidad de muchos competidores menos tolerantes.

La gradiente vertical

Frente a Huacho/Perú la anomalía de la temperatura de las aguas superficiales, comparándola con años normales, fue alrededor de 8 °C en enero de 1983; hasta 200 m de profundidad esta anomalía decreció paulatinamente a 2 °C (ARNTZ *et al.*, 1985). A mayor profundidad las desviaciones pudieron ser medidas sólo con equipos sensibles aunque alcanzaron más de 1000 m de profundidad (LEETMA *et al.*, 1987). Localmente parece haber habido excepciones de esta regla de un decrecimiento de las anomalías positivas de la temperatura con el incremento de la profundidad: CUCALON (1987) encontró frente al Ecuador en febrero de 1983 las mayores anomalías no en la superficie, sino a 50 m.

El oxígeno disuelto frente al Perú suele ser relativamente alto en la superficie del mar (normalmente > 6 ml/l) y se reduce a valores muy bajos (< 0.5 ml/l) hacia los fondos (ROSENBERG *et al.*, 1983). Durante EN 1982-83 disminuyó el contenido de O₂ en las aguas superficiales calentadas mientras que se incrementó sobre los fondos entre 30 y 100 m, a veces por un factor mayor de 7 (ARNTZ *et al.*, 1985; TARAZONA *et al.*, 1988a). Este aumento se explicaría principalmente por la intensificación de la Contracorriente Peruana que fluye debajo de la Corriente de Humboldt en dirección sur, pero posiblemente también por la sedimentación disminuída de material orgánico desde la zona pelágica durante EN. Hay que mencionar que con respecto al oxígeno disuelto hubo un desarrollo diferente en la zona norte de Chile (KELLY y BLANCO, 1984; FUENZALIDA, 1985).

Tanto peces como invertebrados encontraron entonces durante EN, en aguas de mayor profundidad, desviaciones menores de temperatura y por lo tanto, condiciones que se parecían más a su ambiente normal; además encontraron valores mucho más altos de O₂ en esta zona que normalmente. Parece que estas últimas fueron todavía más bajas que en la superficie del mar, pero de todas maneras facilitaron la migración de muchas especies de la capa superficial o de áreas someras cerca a la orilla hacia mayor profundidad (ARNTZ, 1986). Al mismo tiempo el florecimiento del bentos en los fondos proporcionó un mejor suministro de alimento para los peces bentófagos (TARAZONA *et al.*, 1985b; HOYOS *et al.*, 1985).

Efectos antes de la llegada de la primera onda Kelvin

Los efectos biológicos de un EN fuerte a Sudamérica deberían esperarse recién a partir del momento cuando la primera onda Kelvin toca el sistema de la Corriente de Humboldt, lo que pasaría a la altura de las Islas Galápagos. Sin embargo, contrarias a esta hipótesis existen reportes de cambios biológicos típicos para EN antes de iniciarse las anomalías oceanográficas. Tal vez el evento mejor documentado (si bien de un área geográfica diferente) fue la emigración de las aves marinas de las Islas Christmas varios meses antes de los cambios físicos en el ambiente (SCHREIBER y SCHREIBER, 1983). Sin embargo, hay informaciones parecidas de la región de la Corriente de Humboldt las que reportan la llegada prematura de fitoplancteres tropicales (ROJAS DE MENDIOLA *et al.*, 1985; OCHOA *et al.*, 1985), un desarrollo positivo del bentos frente a Ancón previo al calentamiento (TARAZONA *et al.*, 1988a, b) o la emigración de equinodermos hacia mayor profundidad frente a Antofagasta antes de octubre 1982 (TOMICIC, com. pers.). Si es que estas observaciones fueron correctas (posiblemente muchos eventos semejantes se nos escaparon ya que no los estábamos esperando), surge la pregunta: Qué hace que los organismos reaccionen tan temprano a un EN fuerte? "Los grandes eventos tiran su sombra para adelante", dice un dicho alemán, pero, cuál es la sombra?

Efectos post-Niño

Muchos efectos causados por EN no ocurren durante el fenómeno mismo (i.e. durante la fase de las anomalías de la temperatura), sino recién después. En algunos casos la causa es la persistencia de ciertas alteraciones físicas algún tiempo después de EN. Como ejemplo se puede mencionar la continuación de los valores más altos de abundancia, biomasa y diversidad del zoobentos durante la fase post-EN causada por la persistencia de valores de oxígeno relativamente altos en esta fase (TARAZONA *et al.*, 1988a, b). Sin embargo, son más comunes los casos donde los cambios físicos causan efectos biológicos primarios y éstos, efectos secundarios que se basan en un incremento o disminución de mecanismos biológicos. Es así que las aves guaneras y lobos marinos no mueren directamente por las altas temperaturas del agua, sino por falta de alimento en la capa superficial que ha sido abandonada por las anchovetas y sardinias, huyendo de las altas temperaturas y las cantidades reducidas de plancton. La concha de abanico, cuyo boom espectacular en la región de Pisco comenzó en 1983 pero cayó principalmente en la fase post-EN, tuvo una fuerte proliferación no sólo por su mayor tolerancia a temperaturas elevadas, sino que también hay que asumir que otra causa fue la competencia disminuída por ausencia de otros suspensívoros, los que fueron casi totalmente eliminados por EN.

La proliferación de las algas frente al Perú (ARNTZ, 1986) ocurrió por un lado por que los mitílidos y balánidos, que normalmente cubren gran parte del espacio disponible en la zona intermareal, sufrieron una gran mortalidad; y por otro, por la alta mortalidad de sus pastoreadores (chitones, lapas, otros gasterópodos, erizos). Las primeras etapas de las sucesiones de algas se desarrollan todavía durante EN, las siguientes en el medio año después. Cuando los juveniles de los pastoreadores volvieron a aparecer ya no podían reducir las algas que habían alcanzado un gran tamaño; el pastoreo tuvo efecto recién en los estadios juveniles de las algas. Al finalizar EN los mitílidos y balánidos también tuvieron gran éxito colonizando las rocas por que hubo disponibilidad de espacio creado por la mortalidad de las algas en el intermareal a consecuencia del descenso del nivel del mar y porque sus enemigos principalmente - estrellas de mar y crustáceos - necesitaron un lapso más largo para su recuperación. Los percebes que se habían instalado en este sistema durante el calentamiento contribuyeron a la competencia por espacio. El ecosistema intermareal empezó a normalizarse recién cuando los predadores y pastoreadores reasumieron su control sobre las poblaciones sésiles de invertebrados y algas y los percebes desaparecieron con el enfriamiento.

Generalmente el efecto de EN 1982-83 en estos y otros casos no se restringió entonces al tiempo actual de calentamiento sino tuvo un impacto posterior que se hizo presente hasta varios años después. Debido a su alta resiliencia el ecosistema recuperó, en la mayoría de los casos, muy rápido su apariencia pre-Niño. Sin embargo, para algunas especies los efectos fueron de un tiempo más prolongado.

Efectos de largo plazo - desde cuándo?

Ejemplo sobre efectos de largo plazo hay tanto en la zona pelágica como de los fondos marinos, en la orilla y tierra adentro.

La zona pelágica ha experimentado desde el inicio de los años 70 grandes cambios en el balance entre sus especies dominantes. La anchoveta, especie dominante (según recuentos de escamas en los sedimentos ya desde hace mucho; DE VRIES y PEARCY, 1982), fue reemplazada hasta cierto grado por la sardina, el jurel y la caballa. Si bien ya no hay duda que la sobrepesca por la flota peruana de cerco a fines de los años 60 e inicios de los 70 fue el causante principal, no cabe duda que los EN de 1972-73, 1976 y 1982-83 también contribuyeron su parte (véase arriba). Según Canón (1986), la dominancia de la sardina en el norte de Chile ha estado asociada a la persistencia de un período inusualmente cálido que tuvo su inicio en 1972-73, estabilizándose a partir de 1976. Sin embargo, contrario a toda predicción, la sardina ha perdido terreno frente a la anchoveta después de EN 1982-83, tal vez por el drástico impacto pesquero que sufrió frente a Chile durante su migración hacia el sur, y frente al Perú en los años 1984 y 1985 cuando fue el objeto principal de la pesca industrial. Por otro lado, la anchoveta no ha vuelto a sus niveles anteriores. El desarrollo futuro de la pesquería pelágica en la Corriente de Humboldt queda incierto por el momento, y no se pueden excluir más cambios básicos. En este contexto es interesante mencionar que las poblaciones de aves guaneras también han mostrado cambios en la abundancia relativa de cada una de ellas lo que podría significar una reacción a los cambios de los stocks de peces que conforman su alimento (TOVAR y CABRERA, 1985).

En el sistema béntico de la costa central del Perú los bivalvos *M. donacium* y *A. purpuratus* han desarrollado tendencias opuestas en su reacción a EN. En el límite de la distribución de la macha, antes de EN esta especie era dominante en el nivel intermareal, pero fue extinguida en 1983 a lo largo de 7 grados de latitud, mientras que la misma especie tuvo un desarrollo positivo en su límite sur de distribución. Por otro lado el stock de la concha de abanico aumentó fuertemente en el infralitoral y las capturas más altas se presentaron 2 - 3 años después de EN (ARNTZ *et al.*, 1987, 1988). El boom de la concha podría haber durado mucho más tiempo si no hubiera habido sobre pesca y si los pescadores no hubieran tirado los desechos de la extracción de talos en los mismos bancos.

Conchales subfósiles a lo largo de la costa sugieren que ambas especies tuvieron proliferaciones parecidas en el pasado, asociadas con épocas de EN y entre-EN, respectivamente (ARNTZ *et al.*, 1987).

En la parte tropical de la costa americana del Pacífico el crecimiento de arrecifes de corales hermatípicos se interrumpe durante la presencia de un fuerte EN (GLYNN, 1984). El fenómeno causa la mortalidad de las zooxantelas y efectos secundarios que implican la destrucción de las colonias en áreas amplias. Como es fácil determinar interrupciones del crecimiento en esqueletos de corales e incluso, aproximadamente la fecha cuando esto ocurrió, se puede decir con seguridad que no hubo un EN como el de 1982-83 en los pasados 100 años (GLYNN, 1985).

Entre los EN fuertes pasan normalmente varias décadas en las que la vegetación terrestre no aparece en áreas áridas, hasta que un EN como 1982-83 deja brotar los bulbos y semillas. Aparentemente muchas plantas se han acostumbrado durante el transcurso de la evolución a estos ciclos y pueden perdurar - bien protegidas en el suelo hasta que el próximo EN fuerte traiga condiciones favorables. Además EN parece tocar un papel importante para el transporte de organismos, ampliando su distribución a través de los caudales incrementados de los ríos que los transportan hacia el mar, a otras orillas e incluso a islas como las Galápagos.

Se da, entonces, la pregunta, desde cuándo EN ha influido en la evolución de los ecosistemas en el Pacífico Este. A pesar de la información acumulada recientemente, no podemos dar una respuesta definitiva. DE VRIES (1987), p.ej., considera la posibilidad que "eventos semejantes a EN" puedan haber ocurrido ya hace más de 2 millones de años, en el transcurso entre el plioceno y pleistoceno, mientras que ROLLINS *et al.* (1981) parten de una existencia de este fenómeno de sólo varios miles de años. Considerando la rápida recuperación del ecosistema marino después del Super-EN 1982-83 se adquiere la impresión que el sistema, como tal, está bien adaptado a estas catástrofes ocasionales; sin embargo, tiene que pagar un tributo alto en cuanto se refiere a la mortalidad de muchos organismos y el desarrollo poblacional de muchas especies. Por otro lado, es posible que el sistema necesite tal input de materia orgánica de vez en cuando. EN no como destructor sino como renovador y bomba de combustible para el ecosistema - tal vez el fenómeno debería verse de este ángulo en vez de repetir siempre los gritos de catástrofe.

CONCLUSIONES, MUCHAS PREGUNTAS Y ALGUNAS SUGERENCIAS

Desde un punto de vista biológico se puede manifestar, en retrospectiva a EN 1982-83, que probablemente hemos perdido una oportunidad única en muchos aspectos. La mayoría de los biólogos podrán investigar un tal "Niño secular" una sola vez en su vida. Durante 1982-83 los drásticos efectos de EN en la fauna y flora marina, costera y terrestre del Pacífico Sudeste se estudiaron tan sólo en pocos lugares mientras que la mayoría de las universidades apenas notaron la importancia de este fenómeno y se quedaron inactivas.

A pesar de este hecho la ganancia de conocimiento científico de EN 1982-83 fue considerable. Esto se refiere principalmente al ecosistema béntico marino; por primera vez se consideró no sólo la zona pelágica con sus peces formando cardúmenes de importancia económica y - quizás - las espectaculares poblaciones de aves guaneras y lobos marinos, sino se empezó a estudiar el ecosistema en su totalidad. Una de las consecuencias de este acercamiento fue la demostración de que EN no tiene de ningún modo sólo efectos negativos. Los efectos positivos se documentaron más que nada en las proliferaciones de algunas especies autóctonas y la fuerte inmigración de algunas especies alóctonas, siendo los ejemplos más destacantes las algas y concha de abanico, así como los langostinos y dorados, respectivamente.

El extraordinario EN 1982-83 nos facilitó también una identificación más clara de nuestras deficiencias de conocimiento. No vamos a ocuparnos detalladamente con los aspectos físico-químicos, pero queremos hacer constar que desde un punto de vista biológico, habría que dar más atención a investigaciones en toda la columna de agua (y no sólo a las temperaturas superficiales). La cuestión nos parece insatisfactoriamente solucionada porque (al menos localmente, p.ej. en la Bahía de Pisco) no hay una fuerte reducción de nutrientes ni de la producción primaria en aguas someras. Se recirculan reservas de energía acumuladas en los sedimentos? Y pueden las especies con un desarrollo explosivo como la concha de abanico usar fuentes alternativas de alimento, p.ej. bacterias que incrementarían su biomasa por la mortandad de los otros organismos del zoobentos?

Otra cuestión que está esperando su solución es la suerte que corren las bacterias filamentosas gigantes al incrementarse las concentraciones de oxígeno en los fondos, lo cual favorece el desarrollo de las especies del macrobentos. Mueren las bacterias? Son comidas por el macrobentos y peces? O es que, tan sólo limitan su metabolismo hasta el retorno de las condiciones hipóxicas?

Los efectos biológicos de un EN fuerte los conocemos mejor desde EN 1982-83 pero quedan muchas preguntas. Más que nada se necesitará una cuantificación más exacta de lo que sucede. Hasta el momento ni los censos oficiales de las aves guaneras y lobos marinos son confiables como lo demuestran las observaciones de biólogos trabajando en las puntas e islas. Mortalidad y emigración no se separan claramente. Las estadísticas pesqueras, especialmente las de la pesquería artesanal, requieren ser mejoradas grandemente y deberían permitir

el cálculo de capturas por unidad de esfuerzo. Para el plancton y el bentos nos faltan en casi toda la costa sudamericana series de datos de largo plazo, continuas, parecidas a las que existen para el bentos de la Bahía de Ancón (TARAZONA, 1988b). Estas series deben incluir datos básicos de épocas "normales", tanto como datos durante y después del fenómeno. Estos datos prácticamente no existen del intermareal donde el esfuerzo para tomarlos sería mínimo, y mucho menos de aguas de mayor profundidad. Cómo se reconocerán efectos de EN si ni se conocen las oscilaciones normales de las diferentes poblaciones? En los invertebrados bentónicos, en muchos casos, tampoco se han separado mortalidad y emigración en eventos EN. De interés primordial es un estudio detallado de los ciclos de vida (bajo condiciones normales) de las especies dominantes en el ecosistema y de las que siempre inmigran bajo condiciones de EN o proliferan durante estos períodos. En este contexto habría que dar atención especial de los desarrollos positivos durante EN; el punto de vista tradicional de EN como catástrofe impide a menudo que se aprovechen sus aspectos positivos.

Si de los efectos de EN se conoce sólo parte, de los mecanismos que los desencadenan casi no se sabe absolutamente nada. Cuando se trata de identificar las causas para los efectos observados, los biólogos tienen que basarse en puras suposiciones. Lo más raro es que experimentos en acuarios - p.ej. para estudiar la tolerancia de algunas especies a temperaturas altas o bajas, a deficiencias de oxígeno, a falta o cambios de alimento podrían efectuarse sin mayores problemas, aun en épocas fuera de EN, pero casi nadie lo ha hecho. Las reacciones observadas de las mismas o especies relacionadas, bajo diferentes latitudes, mortalidades y migraciones, aceleración o retardación del crecimiento y otros efectos durante EN suministran una infinidad de problemas e hipótesis en las que podrían basarse tales experimentos. Experimentos de interacción *in situ* (in/exclusión de predadores o pastoreadores en el litoral) podrían complementar los trabajos en acuarios.

Investigaciones basadas en barcos de investigación, donde esto es factible, podrán continuar haciendo una importante contribución al estudio de EN, siempre procurando que la información se analice más detalladamente. Así p.ej. la profundidad en la que se encuentran los cardúmenes de peces durante y fuera de EN no sólo sirve para estimaciones acústicas de las biomásas sino es una información importante para los biólogos que trabajan con las aves guaneras y los lobos marinos y para quienes quieren saber algo sobre la accesibilidad del alimento de sus objetos de estudio. Otolitos en estómagos de lobos marinos o escamas en heces de aves guaneras, por otro lado, pueden informar al biólogo pesquero sobre la presencia de peces en aguas que él no puede investigar en este momento. En general se requiere de una cooperación mucho mejor entre biólogos pesqueros y los científicos que estudian los animales de sangre caliente. Donde no existen barcos de investigación, este hecho no debe servir como excusa para no iniciar investigaciones desde la orilla o usando pequeñas lanchas - estos trabajos se efectúan sin muchos esfuerzos logísticos en cualquier lugar, son baratos y dan resultados muy satisfactorios.

Finalmente habría que intensificar la cooperación de los biólogos marinos con otras disciplinas sedimentología, paleontología, glaciología, arqueología; especialmente donde se trata del "ancient record" de EN y de lapsos de adaptación evolucionaria de los organismos. Los trabajos recientes de QUINN y colaboradores (QUINN y NEAL, 1983; QUINN *et al.*, 1987) y los estudios coordinados en ELNAR ("El Niño in the Ancient Record") por T.J. DE VRIES muestran que ultimamente ha habido progresos alentadores que contribuyen mucho a nuestra comprensión del fenómeno y de las reacciones de los organismos afectados por el mismo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Manuel Vegas por su gentil invitación al II. Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar en Lima; al grupo DePSEA, y nuestros colegas del Instituto del Mar del Perú, junto con quienes se ha generado gran parte de la información que se discute en el presente trabajo. También deseamos agradecer a Claudia Riemenschneider que con mucha paciencia y diligencia ha dactilografiado el manuscrito repetidas veces.

REFERENCIAS

- ARNTZ, W.E. 1986. The two faces of El Niño 1982-83. *Meeresforsch.* 31: 1-46. ARNTZ, W.E., A. Landa y J. Tarazona (eds.). 1985. "El Niño". Su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*. Vol. extraordinario: 222 pp.
- ARNTZ, W.E., L.A. FLORES, M. MALDONADO Y J.G. CARBAJAL. 1985. Cambios de los factores ambientales, macrobentos y bacterias filamentosas en la zona de mínimo de oxígeno frente al Perú durante "El Niño" 1982-83. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Perú-Callao*. Vol. extraordinario: 65-77.
- ARNTZ, W.E., T. BREY, J. TARAZONA Y A. ROBLES. 1987. Changes in the structure of a shallow sandy beach community in Peru during an El Niño event. *En: A.I.L. Payne, J.A. Gulland y K.H. Brink (eds.). The Benguela and Comparable Ecosystems. S. Afr. J. Mar. Sci.* 5: 645-658.
- ARNTZ, W.E., E. VALDIVIA Y J. ZEBALLOS. 1988. Impact of El Niño 1982-83 on the commercially exploited invertebrates (mariscos) of the Peruvian shore. *Meeresforsch.* 32: 3-22. Barber, R.T. y F.P. Chávez. 1983. Biological consequences of El Niño. *Science* 222: 1203-1210.

- BARBER, R.T. Y F.P. CHAVEZ. 1986. Ocean variability in relation to living resources during the 1982-83 El Niño. *Nature* 319 (6051): 279-285.
- CANON, J.R. 1986. Variabilidad ambiental en relación con la pesquería nerítica pelágica de la zona norte de Chile. La Pesca en Chile (P. Arana, ed.), Valparaíso: 195-205.
- CAYOR, L.J. 1985. Effects of El Niño on giant tortoises and their environment. *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event.* Charles Darwin Foundation, Quito: 363-398.
- CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 1985. Ciencia, tecnología y agresión ambiental: El fenómeno El Niño. Lima, Perú: 692 pp.
- De VRIES, T.J. 1986. The geology, and paleontology of tablazos in northwest Peru (3 Vol.). Dissertation, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA: 964 pp.
- De VRIES, T.J. 1987. A review of geological evidence for ancient El Niño activity in Peru. *J. Geophys. Res.* 92 (C13): 14,471-14,479.
- De VRIES, T.J. Y W.G. PEARCY. 1982. Fish debris in sediments of the upwelling zone off central Peru: a late Quaternary record. *Deep-Sea Res.* 28: 87-109.
- CUCALON, E. 1987. Oceanographic variability off Ecuador associated with an El Niño event in 1982-83. *J. Geophys. Res.* 92 (C13): 14,309-14,322.
- CPPS (Comisión Permanente Pacífico Sur). 1984. Taller sobre el fenómeno de El Niño 1982-83. Guayaquil, Ecuador, 12-16 de diciembre, 1983. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur* 15: 1-423.
- DAYTON, P.K. 1984. Catastrophic storm, El Niño, and patch stability in a Southern California kelp community. *Science* 224: 283-285.
- DUFFY, D.C. 1983. Environmental uncertainty and commercial fishing: effects on Peruvian guano birds. *Biol. Cons.* 26: 227-238.
- DUFFY, D.C., W.E. ARNTZ, H. TOVAR, P.D. BOERSMA Y R.L. NORTON. *En prensa.* The effects of El Niño and the southern oscillation on seabirds in the Atlantic Ocean compared to events in Peru. Vancouver Conference 1986.
- FUENZALIDA, R. 1985. Aspectos oceanográficos y meteorológicos de El Niño 1982-83 en la zona costera de Iquique. *En: Inst. Fomento Pesquero-Chile (ed.). Taller nacional fenómeno El Niño 1982-83.* *Invest. Pesq. (Chile)* 32: 47-52.
- GIBBS, H.L. Y P.R. GRANT. 1987. Ecological consequences of an exceptionally strong El Niño event on Darwin's finches. *Ecology* 68: 1735-1746.
- GLYNN, P.W. 1984. Widespread coral mortality and the 1982-83. El Niño warming event. *Environm. Cons.* 11: 133-146.
- GLYNN, P.W. 1985. El Niño-associated disturbance to coral reefs and post disturbance mortality by *Acanthaster planci*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 26: 295-300.
- GUILLEN, O., N. IOSTAUNAU Y M. JACINTO. 1985. Características del fenómeno "El Niño" 1982-83. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina.* *Bol. Inst. Mar Perú-Callao.* Vol. extraordinario: 11-21.
- HAMANN, O. 1985. The El Niño influence on the Galapagos vegetation. *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event.* Charles Darwin Foundation, Quito: 299-330.
- HOYOS, L., J. TARAZONA, B. SHIGA Y V. CHIONG. 1985. Algunos cambios en la ictiofauna y sus relaciones tróficas durante el fenómeno "El Niño" en la Bahía de Ancón. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina.* *Bol. Inst. Mar Perú-Callao.* Vol. extraordinario: 163-171.
- KAMEYA, A. Y J. ZEBALLOS. 1988. Distribuciones y densidad de percebes *Pollicipes elegans* (Crustacea: Cirripedia) en el mediolitoral Peruano (Yasila, Paita; Chilea, Lima). *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*, 12: 1-22.
- KELLY, R. Y I.L. BLANCO. 1984. Estudio oceanográfico del norte de Chile durante febrero y marzo de 1983. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur* 15: 79-201.
- KONG, I., J. TOMICIC Y J. ZEGERS. 1985. Ictiofauna asociada al fenómeno El Niño 1982-83 en la zona norte de Chile. *En: Inst. Fomento Pesquero-Chile (ed.). Taller nacional fenómeno El Niño 1982-83.* *Invest. Pesq. (Chile)* 32: 215-223.
- LAURIE, A. 1984. El Niño causa estragos nunca vistos en la población de iguanas marinas. *Bol. ERFEN* 11: 15-18.
- LAURIE, A. 1985. The effects of the 1982-83 El Niño on marine iguanas. *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event.* Charles Darwin Foundation, Quito: 199-209.
- LEETMAN, A., D.W. BEHRINGER, A. HUYER, R.L. SMITH Y J. TOOLE. 1987. Hydrographic conditions in the eastern Pacific before, during and after the 1982/83 El Niño. *Prog. Oceanog.* 19: 1-47.
- LOUGH, J.M. Y H.C. FRITTS. 1985. The southern oscillation and tree rings: 1600 - 1961. *J. Climate Appl. Meteorol.* 24: 952-966.
- LUBIN, Y.D. 1985. Studies on the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*, in a Niño year. *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event.* Charles Darwin Foundation, Quito: 473-493.
- LUONG, T.T. Y B. TORO. 1985. Cambios en la vegetación de las Islas Galápagos durante "El Niño" 1982-83. *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event.* Charles Darwin Foundation, Quito: 331-342.
- MAJLUF, M.P. 1985. Comportamiento del lobo fino de sudamérica (*Aretocephalus australis*) en Punta San Juan, Perú, durante "El Niño" 1982-83. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina.* *Bol. Inst. Mar Perú-Callao.* Vol. extraordinario: 187-193.
- OCHOA, N., B. ROJAS DE MENDIOLA Y O. GOMEZ. 1985. Identificación del fenómeno "El Niño" a través de los organismos fitoplanctónicos. *En: Ibid.* Vol. extraordinario: 23-31.

- QUINN, W.H. y V.T. NEAL. 1983. Long-term variations in the southern oscillations, El Niño, and Chilean subtropical rainfall. *Fish. Bull.* 81: 363-374.
- QUINN, W.H., V.T. NEAL y S.E. ANTUNEZ DE MAYOLO. 1987. El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *J. Geophys. Res.* 92 (C13): 14,449-14,461.
- RAMIREZ, R. 1984. Aspectos de la ecología de *Bostryx conspersus* (Sowerby, 1833) (Mollusca, Balimulidae) en las Lomas de Iguanil, Huaral-Lima. Tesis para optar el grado de Bachiller. UNMSM, Lima: 63 pp.
- RIVERA, T. 1987. Nomenclatura de El Niño según el número índice de cinco estaciones costeras. *Bol. ERFEN* 21: 9-18.
- ROJAS DE MENDIOLA, B., O. GOMEZ y N. OCHOA. 1985. Efectos del fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. extraordinario: 33-40.*
- ROLLINS, H.B., J.B. RICHARDSON y D.H. SANDWEISS. 1986. The birth of El Niño: geoarchaeological evidence and implications. *Geoarcheology* 1: 3-15.
- ROSENBERG, R., W.E. ARNTZ, E. CHUMAN DE FLORES, L.A. FLORES, G. CARBAJAL, I. FINGER y J. TARAZONA. 1983. Benthos biomass and oxygen deficiency in the upwelling system off Peru. *J. Mar. Res.* 41: 263-279.
- SANDWEISS, D.H., H.B. ROLLINS. 1983. Landscape a heration and prehistoric human occupation on the north coast off Peru. *Ann. Carnegie Museum*, 52 (12): 277-297.
- SANTANDER, H. y O. SANDOVAL. 1985. Efectos del fenómeno El Niño en la composición, distribución y abundancia del ictioplancton. *En: CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) Ciencia, tecnología y agresión ambiental: El fenómeno "El Niño". Lima, Perú: 355-374.*
- SANTANDER, H. y J. ZUZUNAGA. 1984. Impact of the 1982-83 El Niño on the pelagic resources off Perú. *Trop. Ocean-Atmos. Newsl.* 28: 9 f.
- SCHREIBER, R.W. y E.A. SCHREIBER. 1983. Reproductive failure of marine birds on Christmas Island, fall 1982. *Trop. Ocean. Atmos. Newsl.* 28: 9 f.
- SHEN, G.T. y E.A. BOYLE. 1984. Lead and cadmium in corals: tracers of global industrial fallout and paleo-upwelling. *EOS.* 65: 964.
- SOENENS, P. 1985. Estudios preliminares sobre el efecto del fenómeno "El Niño" 1982-83 en comunidades de *Aulacomya ater*. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. extraordinario: 51-53.*
- TARAZONA, J., G. PAREDES, L. ROMERO, V. BLASKOWICH, S. GUZMAN y S. SANCHEZ. 1985a. Características de la vida planctónica y colonización de los organismos bentónicos epilíticos durante el fenómeno "El Niño". *En: Ibid. Vol. extraordinario: 41-49.*
- TARAZONA, J., W.E. ARNTZ, E. CANAHUIRE, Z. AYALA y A. ROBLES. 1985b. Modificaciones producidas durante "El Niño" en la infauna bentónica de áreas someras del ecosistema de afloramiento-peruano. *En: Ibid. Vol. extraordinario: 55-63.*
- TARAZONA, J., H. SALZWEDEL y W. ARNTZ. 1988a. Positive effects of "El Niño" on macrozoobenthos inhabiting hypoxic areas of the Peruvian upwelling system. *Oecologia* 76: 184-190. Tarazona, J., H. Salzwedel y W. Arntz. 1988b. Oscillations of macrobenthos in shallow waters of the Peruvian central coast induced by El Niño 1982-83. *J. Mar. Res.* 46: 593-611.
- THOMPSON, L.G y E. MOSLEY-THOMPSON. 1986. Assessment of 1500 years of climate variability and potential of long-term record of ENSO events from Andean glaciers. Conferencia Chapman sobre El Niño, Guayaquil/Ecuador, Book of Abstracts: 20.
- TOMICIC, J.J. 1985. Efectos del fenómeno El Niño 1982-83 en las comunidades litorales de la Península de Mejillones. *Investigación Pesquera (Chile)* 32: 209-228.
- TOVAR, H. y D. CABRERA. 1985. Las aves guaneras y el fenómeno "El Niño". *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. extraordinario: 181-186.*
- TOVAR, H., D. CABRERA y M.A. DEL PINO. 1985. Impacto del fenómeno "El Niño" en la población de lobos marinos en Punta San Juan. *En: Ibid. Vol. extraordinario: 195-200.*
- TRILLMICH, F. 1984. Effects of the 1982/83 El Niño on Galápagos fur seals and sea lions. *Noticias de Galápagos* 42: 22-23.
- TRILLMICH, F. y D. LIMBERGER. 1985. Drastic effects of El Niño on Galapagos pinnipeds. *Oecologia* 67: 19-22. Trillmich, F., G.L. Kooyman, P. Majluf y M. Sánchez-Grinán. 1986. Attendance and diving behavior of South American fur seals during El Niño in 1983. *En: R.L. Gentry y G.L. Kooyman (eds.). Fur seals. Maternal strategies on land and at sea. Princeton Univ. Press: 153-167.*
- VALDIVIA, E. y W. ARNTZ. 1985. Cambios en los recursos costeros y su incidencia en la pesquería artesanal durante "El Niño" 1982-83. *En: W.E. Arntz, A. Landa y J. Tarazona (eds.). El fenómeno "El Niño". Su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú-Callao. Vol. extraordinario: 143-152.*
- VELEZ, J. y J. ZEBALLOS. 1985. Ampliación de la distribución de algunos peces e invertebrados durante el fenómeno "El Niño" 1982-83. *En: Ibid. Vol. extraordinario: 173-180.*
- WEBER, W.A. y H.T. BECK. 1985. Effects on cryptogamic vegetation (lichens, mosses, and liverworts). *En: G. Robinson y E.M. del Pino (eds.). El Niño in the Galápagos Islands: the 1982-83 event. Charles Darwin Foundation, Quito: 343-361.*
- WOLFF, M. 1984a. Impact of the 1982-83 El Niño on the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Trop. Ocean-Atmos. Newsl.* 28: 8 f.
- WOLFF, M. 1985. Abundancia masiva y crecimiento de pre-adulto de la concha de abanico peruana (*Argopecten purpuratus*) en la zona de Pisco bajo condiciones de "El Niño" 1983. *En: Ibid. Vol. extraordinario: 87-89.*

- WOLFF, M. 1987. Population dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during El Niño phenomenon of 1983. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 1684-1691.
- WELLS, L.E. 1987. An alluvial record of El Niño events from northern coastal Peru. *J. Geophys. Res.* 92 (C13): 14,463-14,470.
- WOOSTER, W.S. y D.L. FLUHARTY (eds.). 1985. El Niño North, Washington Sea Grant Program, Univ. Wash., Seattle, WA, 312 pp.
- WOSNITZA-MENDO, C. y M. ESPINO. 1986. The impact of "El Niño" on recruitment in the Peruvian hake (*Merluccius gayi peruanus*). *Meeresforsch.* 31: 47-51.
- ZIMMERMAN, R.C. y D.L. ROBERTSON. 1985. Effects of El Niño on local hydrographical and growth of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, at Santa Catalina Island, California. *Limnol. Oceanogr.* 30: 1298-1302.
- ZAFRA, A., H. SALZWEDEL y L. FLORES. 1988. Distribución y biomasa de bacterias filamentosas (*Thioploca* spp. en la costa norte del Perú durante 1976 - 1985. *En: H. Salzwedel y A. Landa (eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. extraordinario: 99-105.*
- ZUTA, S., D. ENFIELD, J. VALDIVIA, P. LAGOS y C. BLANDIN. 1976. Physical aspects of the "El Niño" phenomenon. Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil, Ecuador 1974. *Inf. Pesca FAO* 185: 3-61.
- ZUZUNAGA, J. y M. ÑIQUEN. 1985. Fenómeno "El Niño" 1982-83 y sus efectos sobre la sardina y otros recursos pelágicos. *En: CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). Ciencia, tecnología y agresión ambiental: el fenómeno El Niño. Lima, Perú: 375-397.*