

Sección III
¿Quién se preocupa de El Niño y por qué?

9 CIENCIA INTERNACIONAL

Preparar este capítulo ha sido el equivalente mental de tratar de caminar sobre la cuerda floja. Digo esto en el sentido de que cada investigador que se contactó tendió a creer que el programa de investigación en el cual él o ella estaba o había estado involucrado debía detallarse entre las contribuciones importantes de la investigación El Niño. En cierto sentido, cada uno de ellos está en lo correcto: hablando en general, cada proyecto de terreno, cada esfuerzo de modelamiento, cada programa de vigilancia ha contribuido a una mejor comprensión de los procesos oceánico y atmosféricos, como también de sus interacciones; no se pueden minimizar esas contribuciones. La investigación científica es un proceso continuo. Sin embargo, incluirlos todos dejaría al lector con un sopa de alfabeto de acrónimos de programas e iniciales: EPOCS, GARP, GATE, GCOS, GCOOS, WCP, WCRP, WCIAP, IGBP, WOCE, GEWEX, EOS, MTPE, etc.

No obstante, he escogido destacar sólo algunas de estas actividades de investigación que yo, como científico social interesado en el uso por parte de la sociedad de la información científica, consideré que han sido las más importante para el mejoramiento de la comprensión y conciencia social de El Niño.

¿Dónde hemos estado?

Puede discutirse que la primera atención internacional que recibió El Niño fue en la década de 1950 como resultado de un accidente de la historia. La comunidad internacional, aunque estaba dividida en ese momento entre los colonizados y los colonizadores, los capitalistas y los socialistas, los que tenía y los que no tenían, los comunistas y los no comunistas, se reunieron en la década de 1950 para poner en movimiento un plan para cooperar en el nombre de la ciencia al estudio de la tierra. Este compromiso científico verdaderamente internacional se conoció como el Año Geofísico Internacional o IGY (Figura 9.1), aunque duró más de un año. Los descubrimientos acerca de la atmósfera y de los océanos y otras observaciones científicas que surgieron en este exitoso programa global condujeron a una serie de actividades internacionales centradas en el océano Pacífico Ecuatorial. Un bono para los científicos fue que El Niño 1957-58 sucedió durante este período de intensa colaboración en investigación internacional.

En 1957, el Comité Científico para la Investigación Oceanográfica (SCOR) identificó tres campos de investigación de largo plazo con respecto al ambiente oceánico, que en ese entonces se adoptaron como objetivos del IGY: (a) el uso del océano profundo para eliminar los desechos radioactivos; (b) un mejoramiento en el conocimiento referente a la habilidad del océano como una fuente de proteínas para alimentar a las crecientes poblaciones de la tierra; (c) el rol de los océanos en el cambio climático. Con respecto a la primera preocupación, la eliminación en el océano de los desechos radioactivos, los científicos creyeron

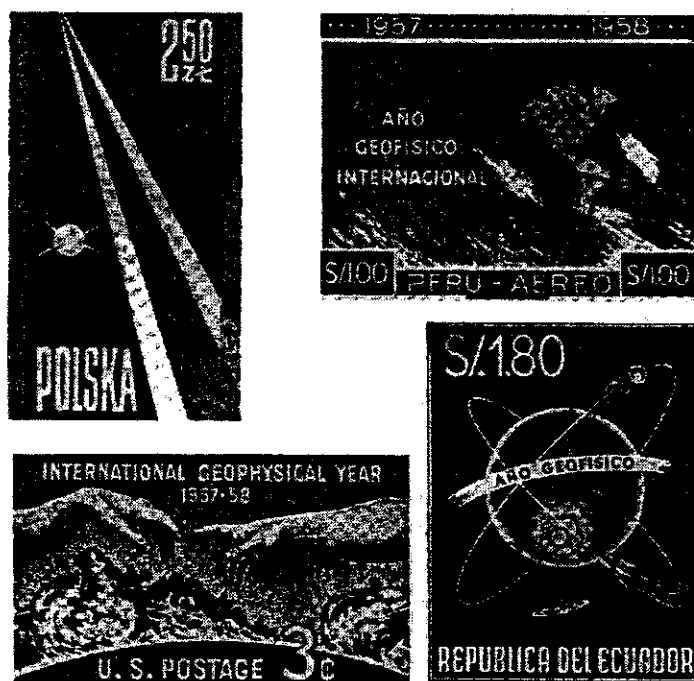


Figura 9.1. Sellos de correo conmemorando el Año Geofísico Internacional a) Polonia; b) Perú; c) Ecuador y d) Estados Unidos.

III: ¿Quién se preocupa por El Niño y por qué?

en ese momento que había partes no exploradas del océano profundo que podrían demostrar ser apropiadas para el entierro de desechos radioactivos. En teoría esto eliminaría el riesgo que los desechos contaminaran a las poblaciones de peces como resultado de erosión del contenedor o de filtración de material radioactivo. El segundo objetivo: explorar las perspectivas de producción de alimento en el ambiente oceánico, tuvo como fin la identificación de las regiones de los océanos del mundo que eran biológicamente productivos y el estudiar las corrientes y los procesos del océano (incluyendo la surgencia) que sostiene niveles relativamente altos de productividad en la cadena alimenticia. En las mentes de algunas figuras científicas claves involucradas en el diseño del IGY estaba el colapso de la pesquería de sardinas de California, una industria que fue inmortalizada por el escritor norteamericano John Steinbeck en sus novelas *Cannery Row* y *Sweet Thursday*. La pesquería declinó en la década de 1940, después de su apogeo en la década anterior, para colapsarse por completo a comienzos de la década de 1950.

El tercer objetivo de investigación identificado por SCOR en 1957 se enfocó en el rol de los océanos en el cambio del clima. En ese momento, el clima no se consideraba un asunto político-científico tan importante como en la actualidad. A los investigadores, en su mayor parte, no les preocupaba el impacto de las actividades humanas en el clima global. A ellos les interesaba identificar los componentes del sistema clima y su interacción. El escritor científico del *New York Times*, Walter Sullivan, destacó la importancia del océano ante los cambios en el clima:

En comparación con la atmósfera, el océano tiene una tremenda capacidad para absorber, almacenar, y liberar calor. Se ha calculado que, si se almacenara todo el calor de la luz del sol durante un período de dos años y medio en los océanos, la temperatura en las profundidades se elevaría solo en cerca de 1 grado. De aquí que los océanos se hayan descrito como el "volante" estabilizador del clima. Sin embargo, enterrados dentro de ellos, por la misma característica, pueden encontrarse las semillas del cambio futuro, moviéndose lentamente hacia la superficie con un momento irresistible.

(Sullivan, 1961, p.348)

Fue una suerte para los científicos y para el público que la movilización de la comunidad científica mundial para la participación en el IGY coincidiera con la aparición de un evento El Niño mayor. Mientras que este evento particular no tuvo un impacto visible sobre la población de anchoveta peruana, sí tuvo impactos devastadores sobre las poblaciones de aves guaneras a lo largo de la costa peruana. La población de aves guaneras que consumían anchovetas se vio drásticamente reducidas a alrededor de 16 millones de aves, disminuyendo desde una cantidad estimada de 30 millones. La información sobre El Niño recolectada durante el evento de 1957-58 fue muy instrumental en el desarrollo de nuevos aspectos por parte de Jacob Bjerknes respecto a la interacción aire-mar en el océano Pacífico y en la relación entre de los cambios de las temperaturas superficiales del mar y la presión a nivel del mar a través de la cuenca..

Los descubrimientos y el interés científicos de la década de 1950 continuó hasta la década de 1960, originando varios esfuerzos de investigación relacionados con el océano Pacífico, la atmósfera y sus interacciones. Uno de los adelantos más importantes se produjo como resultado de la evaluación de los estudios de investigación del IGY asociados al comportamiento anómalo oceánico y atmosférico en el océano Pacífico Ecuatorial. A partir de estos datos, Bjerknes pudo hacer la siguiente observación:

El debilitamiento y la eliminación transitoria de los vientos alisios ecuatoriales, que fluyen hacia el occidente sobre el Pacífico Oriental y Central, a fines de 1957 y a comienzos de 1958 produjo un breve cese de la surgencia ecuatorial, el que a su vez produjo la ocurrencia de temperaturas superficiales por sobre las normales en el Pacífico Tropical desde la costa Americana hasta la línea de fecha.

(Bjerknes, 1966, p.820)

Conectar los procesos atmosféricos a aquellos oceánicos le permitió a Bjerknes y a los científicos que siguieron a él comprender mejor el proceso de El Niño.

A comienzos de la década de 1970 el Doctor Walker Orr Roberts, fundador y antiguo director del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) estuvo involucrado en la creación de una nueva organización internacional intergubernamental para estudios avanzados (IFIAS), con base en Estocolmo, Suecia. La Federación que incluía a más de 20 centros de investigación de todo el mundo, se propuso auspiciar enfoques multidisciplinarios a los problemas relacionados con la ciencias que plagaban tanto a las naciones ricas como a las pobres. Sus institutos miembros estaban más preocupados respecto a llevar atención a los aspectos humanos de la investigación científica.

Una de las primeras actividades de la Federación fue la de crear un programa de clima consistente en tres actividades de investigación: (a) una revisión del clima de 1972 y sus impactos sobre las actividades humanas a nivel mundial; (b) una evaluación de los posibles impactos de la ocurrencia de tres años seguidos de precipitaciones sobre la producción agrícola mundial; y (c) el valor de un pronóstico del clima a largo plazo.

Existía otro probado motivo detrás de la solicitud de investigación de cada uno de estos tres temas: 1972 había sido un año de numerosas anomalías del clima. Muchas de las actividades humanas en los países en torno al globo habían sido alteradas en formas importantes por las anomalías del clima indicadas antes: las sequías plagaban a URSS, al África Occidental, al África Nororiental, sur de África, India, Australia, Centro América, el Noreste de Brasil, etc. Estas anomalías a nivel mundial dieron origen a uno de los tres estudios de clima de IFIAS como resultado de la creencia de algunos científicos de que quizás la Tierra otra vez se estaba moviendo hacia una edad de hielo. En respuesta a las condiciones del clima altamente inesperadas de comienzos de la década de 1970, aparecieron varios libros que explicaban estas extrañas condiciones meteorológicas, con título provocativas tales como *El Enfriamiento*, *El Fuego y El Hielo*, *La Conspiración del Clima*.

Estas anomalías adversas también tuvieron un impacto importante sobre la producción de alimentos, al igual que sobre las reservas alimenticias globales. Usados para compensar las pérdidas agrícolas en los campos, las reservas de alimentos cayeron a niveles peligrosamente bajos. Los observadores vieron que la cantidad de reservas alimenticias globales había declinado hasta tal punto que quedaban disponibles sólo reservas de grano para unas pocas semanas si es que continuaban los desastres relacionados con la sequía en torno al globo. El temor de una escasez alimenticia muy difundida fue impulsada por la hambruna y la severa escasez real de alimentos en diversos lugares, en especial en el continente Africano y, dentro de África, en especial en el Sahel Africano Occidental y Etiopía. La aparente vulnerabilidad del suministro alimenticio global generó interés en un segundo estudio de clima IFIAS, para investigar como la comunidad internacional podría enfrentar tres años sucesivos de sequías del orden de magnitud de aquellos que se habían producido en 1972.

A comienzos de la década de 1970, el Sahel Africano Occidental continuó afectado por sequías (1968-1973). La hambruna se esparció por toda la región. En situaciones de sequía de intensidades diversas, la noción de que "si nosotros tan sólo hubiésemos sabido que venía la sequía, hubiésemos prevenido sus peores impactos" se escuchaba a menudo. Dicho sentimiento traduce la creencia que un mejor pronóstico de largo plazo pudiera usarse para mitigar, incluso para evitar los impactos adversos de una sequía meteorológica. Esta noción fue el catalizador para el tercer estudio de clima de IFIAS con el fin de identificar el valor para las sociedades de los pronósticos de largo alcance.

Sin embargo, el objetivo del tercer estudio fue el de enfocarse en las necesidades de la sociedad y las restricciones respecto del uso de la información meteorológica sobre ciertas clases de eventos meteorológicos extremos. Dado a que la sequía era vista por muchos como la principal limitación a la producción de alimento en esa época, fue lógico enfocarse en un valor de un pronóstico de sequía de largo alcance en el Sahel Africano Occidental.

El resultado de ese estudio —donde la ausencia de pronósticos meteorológicos no era la principal limitación de mejoramiento de la producción alimenticia o de la eliminación de escases de alimentos en África, sino que predominaba los factores sociales— hizo surgir una llamada por parte de ciertos científicos atmosféricos en sentido de mostrar el valor de dicho pronóstico de largo alcance en un país industrializado. En respuesta a esta llamada, un estudio paralelo sobre el valor del pronóstico de largo alcance fue emprendido por la región de trigo de primavera de Canadá. Los resultados de este estudio también sugirieron que un mejor pronóstico de largo plazo para la

región sería de un valor limitado, al no existir los cambios necesarios en las formas en que la sociedad se preparaba para la escasez de la producción agrícola asociada con la sequía. Los cultivadores de trigo en las provincias de las praderas Canadienses ya estaban usando la información de las condiciones meteorológicas y de el clima para efectuar decisiones agrícolas con el fin de proteger sus apuestas contra la posibilidad de problemas asociados con el clima.

Dado que las aguas costeras del Perú están entre las más productivas en el mundo, y dado que ocasionales eventos El Niño interrumpieron los altos niveles de captura de peces a lo largo de esa costa, pareciera útil evaluar el valor para Perú de un pronóstico a largo plazo. En un estudio para evaluar el valor de un pronóstico de largo alcance del principal evento de 1972-73, se les pidió a los expertos que sugirieran la forma en que ellos pudieran haber reaccionado a un pronóstico del evento 1972-73 con un año de anticipación a su inicio. Para este estudio, a muchos investigadores y políticos se les pidió sus opiniones respecto a lo que ellos percibían como el valor, por lo menos en teoría, de tal pronóstico. Aquellos encuestados al respecto, incluían a científicos, representantes de la industria pesquera, representantes políticos, etc. Uno de los descubrimientos más interesantes de este estudio fue que los pronósticos podrían ser claramente de beneficio para los políticos peruanos. Sin embargo, las limitaciones políticas, económicas y sociales existentes (en ese momento) restringían las perspectivas de una realización total de ese beneficio (Glantz, 1981).

La Década Internacional de Exploración Oceánica

En la década de 1960, las regiones de surgencia costeras fueron reconocidas por el Comité Biome del Programa Biológico Internacional como uno de los tipos de ecosistemas más importantes del mundo. Se consideran importantes en el sentido que ellos se encuentran entre las regiones biológicamente más productivas en el Océano Global. Una gran porción de desembarco de pesca comercial se captura en estas regiones altamente productivas cada año. El Programa de Análisis de Ecosistemas de surgencia costeros, (CUEA), fue desarrollado por la Década Internacional de Exploración Oceánica (IDOE) bajo los auspicios de Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. A un costo de más de \$20 millones de dólares norteamericanos fue diseñado para mejorar la comprensión de los aspectos químicos, físicos y biológicos de las regiones de surgencia costeras "lo suficientemente bien para predecir su respuesta con la anticipación suficiente para que sea útil a la humanidad" (IDOE, n.d.).

Más específicamente, el objetivo de CUEA fue el desarrollo de un modelo de sistemas ecológicos a través del desarrollo y acoplamiento de un modelo físico con uno biológico (ambos oceanográficos). El modelo acoplado serviría entonces para mejorar la habilidad para predecir la surgencia y, en consecuencia, para producir predicciones confiables de las ubicaciones de las pesquerías más productivas.

En el período entre 1972 y 1977, los investigadores de CUEA emprendieron seis actividades en terreno en cuatro áreas geográficas en las afueras de las costas de Oregon, Baja California (México), en el Noroeste de Africa y Perú. El programa involucró a científicos de 15 instituciones del mundo y de disciplinas tales como meteorología, oceanografía y biología. Los científicos controlaron variables tales como corrientes oceánicas, olas, temperatura superficial del mar, vientos, concentraciones químicas en el mar y consumo de nutrientes por el plancton. Cerca de 200 informes y documentos fueron publicados durante la década de 1970 sobre los descubrimientos de las investigaciones y de las observaciones resultantes de las actividades de CUEA, con un resumen de los descubrimientos científicos que fuera publicado en 1981 (Richards, 1981).

De acuerdo con Feenan Jennings, un administrador de ciencia clave para el IDOE en la Fundación Nacional de Ciencias, el vicepresidente Spiro Agnew había intervenido en 1969 durante la fase de planificación del IDOE con el fin de eliminar los planes para aplicar los descubrimientos del CUEA a las necesidades de la sociedad (Jennings, 1981). Agnew se opuso en forma específica al objetivo declarado de mejorar la administración de las pesquerías. Sobre esta materia Jennings declaró:

Cuando se estableció el IDOE en 1969, los objetivos establecidos por el Vicepresidente no incluía ninguna mención directa a los recursos vivos. Tal como resultó, esta no fue una omisión accidental. La oficina de administración y presupuesto había insistido en que los programas asociados con las pesquerías y los alimentos procedentes del mar se dejaran

fuera del programa de IDOE. Ellos estaban negociando con la Dirección de Pesca Comercial de los Estados Unidos respecto a sus programas y no deseaban que ningún programa nuevo de recursos vivos comenzara en el gobierno federal sino hasta que se resolvieran todos estos asuntos.

(Jennings, 1981, p. 13)

Sin embargo, dos grupos asesores científicos IDOE, recomendaron que se incluyeran los recursos marinos vivos. En 1971, la Oficina de Administración y Presupuesto había abandonado su oposición y estaba de acuerdo con ellos. Tal como lo dijo Richard Barber, un oceanógrafo biológico y participante clave en el CUEA,

El objetivo a largo plazo del CUEA incluye la protección de la productividad económica del ecosistema a largo plazo, al proporcionar una base para relacionar la administración de las pesqueras con la variabilidad natural del clima y del océano y con otras perturbaciones ambientales. De esta manera se pueden obtener los máximos beneficios sociales de los recursos naturales en las regiones de surgencia, tanto ahora como en el futuro.

(Barber, 1977, p.1)

Aunque el proyecto CUEA fue multidisciplinario con respecto a las ciencias naturales (o sea, biología, química, oceanografía física, meteorología) y aunque se hicieron declaraciones tales como "entre los fenómenos oceánicos que afectan al hombre, la surgencia costera tiene el impacto más directo y más grande sobre la estructura social" (IDOE, n.d.), aparentemente no hubo ningún plan para investigar las implicancias políticas, económicas y ambientales de la disponibilidad de un pronóstico de surgencia confiable.

No se había creado el CUEA para investigar eventos El Niño, aunque el sistema de surgencia peruano constituyó un objetivo para la investigación relacionada con el CUEA. Sin embargo, el CUEA, se ejecutó por casualidad durante un episodio El Niño, en el cual existió una alteración mayor de los procesos de surgencia costeros a lo largo de la costa occidental de Sudamérica. Mientras que aparecían declaraciones breves en informes del proyecto que aludían a la importancia económica social de un pronóstico de surgencia, como también en las descripciones de programas, y en los memos pertenecientes al proyecto CUEA, tales declaraciones se basaban ya sea en una visión de que tales pronósticos podrían tener sólo beneficios positivos para la humanidad o que existía una necesidad de justificación del programa de ciencias en término de sociedad. Un ejemplo de este racionamiento optimista fue captado en un artículo (Mosaic, 1974) que resumía los esfuerzos de investigación científica actuales (a esa fecha) sobre surgencia y, por implicancia de los pronósticos de El Niño, sugiriendo que:

1. Al obtener una mayor comprensión de la dinámica física y biológica de la surgencia, los científicos, pescadores y legisladores nacionales tendrán un mayor control sobre el potencial suministro de reservas de pesca.
2. El mayor beneficio práctico de un sistema de predicción de surgencia para estas áreas en todo el mundo es que los pescadores serán capaces de obtener una cosecha por sobre el promedio con menos tiempo desperdiciado buscando las ubicaciones de los peces.

(Mosaic, 1974, p.31)

No obstante, el hecho de que se prestara una mínima atención a la aplicación social de los descubrimientos científicos del CUEA fue eventualmente reconocido en un informe IDOE.

Cuando se estableció el IDOE su objetivo de lograr un mayor conocimiento comprensivo de las características del océano y una comprensión más profunda de los procesos oceánicos estaba más unido a la utilización más efectiva del océano y sus recursos... En la práctica, las investigaciones IDOE se han inclinado hacia la investigación básica.

(FAO, 1974, p.5)

III: ¿Quién se preocupa por El Niño y por qué?

Mientras se llamaba la atención sobre un continuo énfasis en la investigación básica, el informe le pedía a los investigadores científicos que "tuvieran presente las áreas de eventual aplicación de los descubrimientos de la investigación".

Durante una reunión final sobre las contribuciones de CUEA en 1980, un participante de las ciencias sociales pareció estar muy presionado en identificar los beneficios directos de la investigación científica de la CUEA con la sociedad. El sugirió con énfasis que la sociedad se beneficiaría en última instancia de sus descubrimientos de investigación básicos.

En la actualidad la CUEA sólo puede ser un recuerdo débil en las mentes de sus participantes. Sin embargo, es claro que fue una importante investigación y programa en terreno en términos de realizar nuestra comprensión del efecto del rol de los ecosistemas de surgencia costeros en los climas regionales en general y, más específicamente, en la variabilidad climática global interanual en relación, a los cambios en la surgencia de las regiones del Pacífico ecuatorial, tanto a lo largo del Ecuador como de la costa.

ERFEN

En 1974, como resultado de los impactos adversos en los ecosistemas y economías de la región, cuatro países sudamericanos Chile, Perú, Ecuador y Colombia crearon ERFEN. ERFEN es la abreviación de "Estudio Regional del Fenómeno de El Niño" y está inmerso dentro de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

ERFEN conduce estudios multidisciplinarios cooperativos que involucran las ciencias físicas, biológicas y sociales. Diecisiete instituciones de la región participan en esta investigación. Su objetivo impulsor ha sido el realizar investigaciones relacionadas con El Niño para predecir los cambios en las interacciones entre el océano y la atmósfera con el propósito de implementar políticas en las áreas de pesquería, agricultura, industria y seguridad pública.

Durante más de 20 años de actividad, ERFEN ha sido instrumental en generar conciencia del valor potencial de entender y pronosticar El Niño. A publicado mensualmente un Boletín de Alerta Climático (BAC) que es ampliamente distribuido en la región por CPPS.

La Primera Conferencia Mundial del Clima

Durante la década de 1970, las Naciones Unidas organizó varias conferencias mundiales sobre importantes asuntos relacionados con desarrollo. Comenzaron en 1974, con la Conferencia Mundial de Alimentos (en Roma, Italia) y la Conferencia de la Población Mundial (en Bucarest, Rumania). Estas tuvieron tanto éxito que fueron seguidas por una Conferencia sobre el Hábitat Humano. Esta fue seguida por conferencias en 1977 sobre aguas (Argentina) y desertificación (Nairobi y Kenya), y conferencias en 1979 sobre tecnología (Viena, Austria) y sobre el clima (Ginebra, Suiza). Los representantes nacionales a la Conferencia Mundial del Clima, solicitaron la creación del Programa Mundial del Clima cuya base estaría en la Organización Meteorológica Mundial en Ginebra. El Programa del Clima se dividió en cuatro partes: Programa Mundial de Investigación del Clima, Programa Mundial de Datos del Clima, Programa Mundial de Aplicaciones del Clima y Programa Mundial de Impactos del Clima. Los primeros tres estaban bajo los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la última se puso a cargo del Programa del Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMA). El programa de impacto es sólo una parte del Programa Mundial del Clima que se relaciona directamente con las interacciones entre el clima y la sociedad.

En 1985, la PNUMA estableció un grupo de trabajo internacional multidisciplinario sobre las consecuencias sociales y económicas asociadas con los eventos El Niño. Este grupo de trabajo sirvió como grupo asesor e identificó importantes asuntos relacionados con El Niño. El Grupo de Trabajo organizó varios talleres relacionados con El Niño y produjo diversas publicaciones sobre los aspectos físicos, biológicos y sociales de El Niño.

¿Dónde estamos ahora?

El Programa Océano Tropical Atmósfera Global (TOGA)

El programa TOGA fue un programa ambicioso de observaciones y modelamientos enfocados en las interacciones aire-mar en el Pacífico ecuatorial y su influencia sobre la variabilidad global del clima. TOGA se desarrolló a comienzos de la década de 1980 bajo los auspicio del Programa de Investigación Mundial del Clima de las Naciones Unidas y funcionó durante 10 años desde 1985 hasta 1994. De acuerdo con el plan de implementación de TOGA.

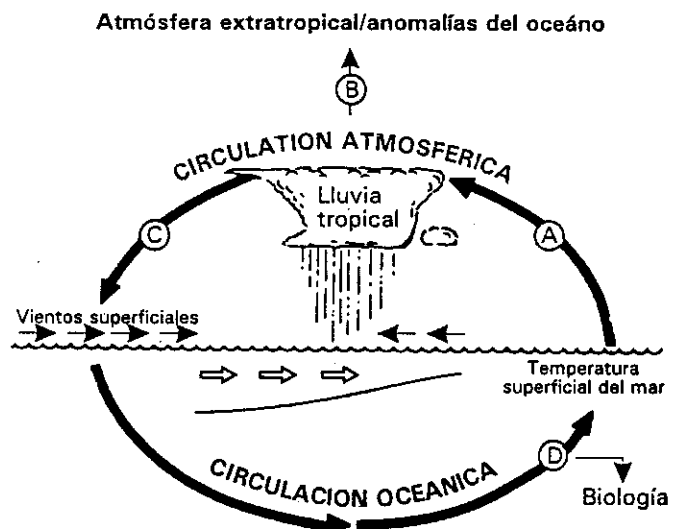
La comunidad científica ha estado consciente de la existencia de patrones anómalos de circulación oceánica atmosférica que pueden desarrollarse en escalas de tiempo de varios meses a varios años y ha reconocido que una parte significativa de estas variaciones pueden ser explicadas por la dinámica del sistema acoplado [o sea aire y mar] conformado por el océano tropical y la atmósfera Global.

(TOGA, 1987, P. 7-1)

Las manifestaciones más destacadas de la interacción aire-mar en la región del Pacífico son El Niño y la Oscilación del Sur. El carácter general de las interacciones de bi-direccionales entre la atmósfera y el océano se presentan en forma esquemática en la Figura 9.2.

Las herramientas de observación de TOGA incluyeron satélites, buques, boyas fondeadas y a la deriva y mareógrafos y fueron diseñadas para crear registros confiables en el tiempo de diversas variables tales con la temperatura superficial del mar, el viento, la estructura térmica superior de los océanos, corrientes oceánicas y nivel del mar. Esta información era necesaria e importante para futuros intentos de predecir la variabilidad del clima a corto plazo, tanto dentro como fuera de los trópicos. También fue de gran valor en los esfuerzos para desarrollar modelos aplicados a las capacidades de predicción de largo alcance. (Un ejemplo del arreglo del dispositivo de medición aparece en la Figura 9.3. El arreglo oceánico del programa Océano Tropical Atmósfera Global de dispositivos de medición es un legado valioso del reciente programa TOGA. Permite efectuar pronósticos en tiempo real de, por ejemplo, cambios en la dirección del viento en el área Niño 3 disponibles para las comunidades de investigación y modelamiento de El Niño). En suma, TOGA se orientó a "explorar la predictibilidad del sistema tropical océano-atmósfera y el impacto sobre el clima atmosférico global en escala de tiempo de meses a años". La identificación de teleconexiones de El Niño 1982-83 y las anomalías meteorológicas en Norteamérica también reforzaron la resolución de los científicos de los Estados Unidos durante TOGA para comprender y modelar mejor las interacciones aire-mar en el Pacífico.

Figura 9.2. Elementos claves que preocupan a los investigadores del programa TOGA. La distribución de las precipitaciones tropicales y la circulación atmosférica de gran escala son altamente sensitivas a la distribución de la temperatura superficial del mar (A). A su vez, la distribución de la precipitación tropical influye la posición e intensidad de las corrientes de chorro y rutas de las tormentas en las latitudes extratropicales (B), y los campos de vientos superficiales sobre los sistemas de corrientes en las capas superficiales, a su vez, fuerzan los sistemas de corrientes en las capas superficiales de los océanos ecuatoriales a través del esfuerzo del viento en la interfase viento-océano. Las corrientes determinan la distribución de la surgencia (D), que es de vital importancia para la biología marina y pesquería (ecosistema) y juega un papel importante en la distribución de la temperatura superficial del mar, la cual retroalimenta la circulación atmosférica (de NRC, 1990).



III: ¿Quién se preocupa por El Niño y por qué?

Tal como sucedió durante IGY y durante CUEA, se produjo un evento El Niño importante durante la temprana fase de planificación de TOGA. Este evento de El Niño dio un gran impulso y un sentido de urgencia a la necesidad de llevar a cabo el programa TOGA. Entre los logros de TOGA estaban una mejor comprensión del ciclo de vida de El Niño, la capacidad de vigilar el clima en tiempo real y la obtención del panorama global de El Niño en una base rutinaria.

Dentro del programa TOGA, el Experimento de Respuesta Acoplado Océano-Atmósfera (COARE) fue un experimento sin precedentes diseñados para enfocarse en la región occidental del océano Pacífico conocida como la masa cálida. Esta masa cálida, "hogar" de las temperaturas superficiales del mar oceánico abiertas más altas del mundo ha sido mencionada como "el motor de calor" para los procesos atmosféricos. El TOGA - COARE fue un esfuerzo de recolección de datos para determinar como se dispersa el agua caliente a través de la cuenca del Pacífico. Involucró a más de mil científicos de muchos países, y el uso de siete satélites, 14 buques, numerosas boyas oceánicas automatizadas y mejoramientos de las estaciones meteorológicas de las capas superiores. Las actividades de terreno se produjeron en el Pacífico Occidental desde octubre de 1992 a febrero de 1993. Los datos recolectados se usaron para ayudar a los modeladores de clima y del océano en sus esfuerzos para modelar mejor las interacciones aire-mar y quizás para identificar mejor sus consecuencias con el fin de mejorar los pronósticos meteorológicos de largo alcance (con gran anticipación). El objetivo de este programa de terreno fue observar las interacciones aire-mar en una variedad de escalas de tiempo, desde horas a semanas a meses, en un intento por comprender mejor la variabilidad natural de aquellas interacciones.

Variabilidad del Clima (CLIVAR)

CLIVAR es un nuevo programa de investigación científica de 15 años de duración recientemente establecido, diseñado para estudiar la variabilidad y predictabilidad del clima. Es un seguimiento directo del programa TOGA el cual terminó oficialmente en diciembre de 1994. Los conceptos de CLIVAR, según se estableció son,

Surgió del reconocimiento que las variaciones observadas del clima son el resultado de la variabilidad natural superpuesta sobre tendencias de largo plazo que pudieran ser inducidas por una modificación antropogénica del ambiente global o de otros factores forzantes externos.

(WMO, 1995)

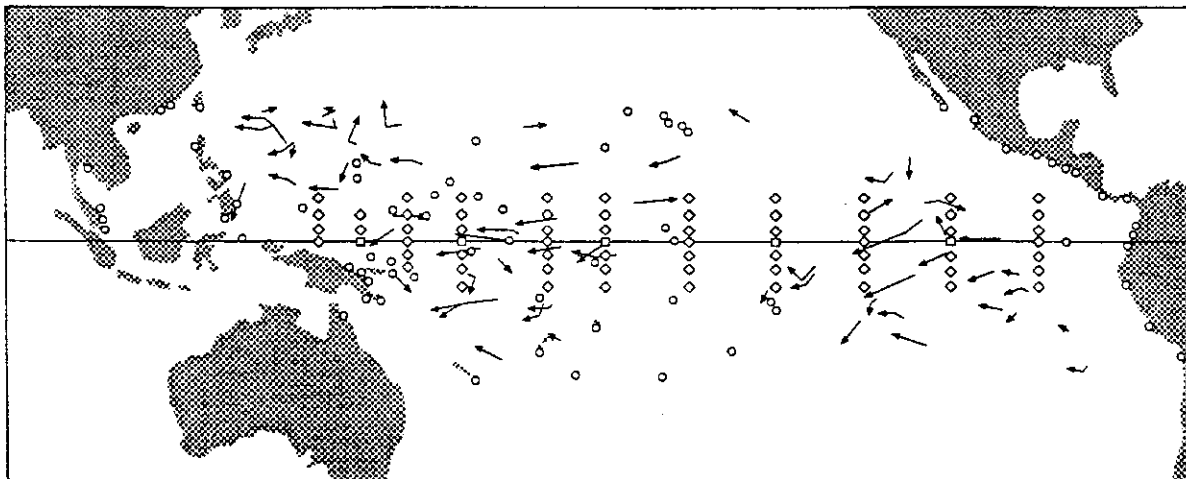


Figura 9.3. Algunos de los componentes del sistema de observación del océano que están siendo instalados como apoyo a los pronósticos de El Niño. Los círculos indican estaciones automáticas de medición del nivel del mar. Los cuadrados y rombos indican la localización de boyas con arreglos de instrumental para vigilar el viento superficial y otros elementos climáticos, como también la temperatura del agua a diferentes profundidades bajo la superficie del océano. Estos equipos operan continuamente por meses sin intervención del hombre. Las flechas representan las trayectorias de las boyas a la deriva, las cuales registran la temperatura del agua y revelan el movimiento de las aguas superficiales. Muchas de estas observaciones son enviadas directamente a Centros de Predicción Climática, alrededor del mundo vía satélite. (Figura y leyenda cortesía de Interwork, Inc., Del Mar, California, USA.)

Para tratar estas preocupaciones, incluyendo los posibles impactos de un cambio de clima inducido por el hombre, CLIVAR se organizó en torno a tres objetivos científicos: (a) estudiar la variabilidad y la predictibilidad estacional a interanual (b) examinar el rol de los océanos en la variabilidad de clima decadal a centenal y (c) modelar y detectar el cambio de clima antropogénico.

Los objetivos científicos de CLIVAR son los siguientes:

- describir y comprender los procesos físicos responsables de la variabilidad y predictibilidad del clima en escala de tiempo estacionales, interanuales, decadales y centenales, a través de la recolección y análisis de observaciones y el desarrollo y la aplicación de modelos del sistema climático;
- extender el registro de variabilidad climáticas de las escalas de tiempo de interés a través de la reunión de conjuntos de datos paleoclimáticos calidad controlada e instrumentales;
- extender el alcance y la exactitud de la predicción climática estacional - a- interanual, a través del desarrollo de modelos globales acoplados.

(WCRP, 1995, P. 3)

Es así que como seguimiento a los descubrimientos de TOGA, la investigación de El Niño es uno de los tres elementos claves de CLIVAR.

El Cambio del Clima y El Niño

Existe una proverbial nube oscura suspendida en el horizonte para la comunidad de predicción de El Niño. Esa nube oscura representa la incertidumbre que rodea los posibles cambios en los patrones de El Niño y las características que podrían acompañar al cambio de clima global. El interés en las potenciales implicancias de mayores emisiones de gases de efecto invernadero en los procesos atmosféricos ha estado creciendo desde fines de la década de 1970. Ese interés, se ha centrado, en su mayor parte, en los efectos sobre el clima global de las emisiones de gases de invernadero. Estos gases incluyendo metano y dióxido de carbono producido por los plantíos de arroz húmedo, de los óxidos nitrosos de los fertilizantes y de los clorofluorocarbonos (CFC) empleados en los rociadores de aerosol, agentes hacedores de espuma y agentes refrigerantes.

Se han planteado numerosos escenarios del clima, empleando modelos en grandes computadores para generar posibles consecuencias regionales del calentamiento global de la atmósfera en algún punto entre 1,0 y 4,5 °C, que probablemente sería el resultado de una duplicación del dióxido de carbono atmosférico y de otros gases de invernadero sobre el nivel que existía al comienzo de la Revolución Industrial a mediados de la década de 1800 (Houghton et al., 1990).

Dado que la mayoría de los resultados de los modelos climáticos han descrito los posibles cambios de un clima promedio, muchos de los estudios de los impactos del clima han empleado los resultados del modelo como un punto de partida para tratar los posibles cambios promedios ambientales y ecológicos debido a futuros aumentos en los gases de invernaderos. Los investigadores del impacto climático han empleado los escenarios basados en modelos en sus intentos por identificar los posibles cambios ambientales relacionados con el clima que deberán enfrentar las futuras sociedades (Parry et al., 1988).

Los investigadores del impacto han seguido otras líneas de razonamiento también, con el fin de captar una visión de las posibles respuestas de la sociedad de los cambios ambientales relacionados con el Clima. Son escasos, sin embargo, los que han examinado los posibles cambios en los eventos meteorológicos extremos, principalmente debido a que los estudios del modelo por lo general enfatizan cambios en las condiciones del clima promedio y no cambios en la variabilidad del clima. Sin embargo, los eventos de El Niño están asociados con anomalías extremas asociadas con el clima en diversas regiones en el globo.

Los posibles cambios en las características claves en los eventos de El Niño que pudieran resultar del calentamiento global se discutieron solo en breve en la primera evaluación científica del Panel Integubernamental sobre Cambios del Clima (IPCC) auspiciado por las Naciones Unidas (Houghton et al., 1990). En forma más reciente los modelos usados para estudiar un cambio de clima inducido por el dióxido de carbono incluyen condiciones oceánicas más realistas que pueden cambiar en el tiempo. No obstante, en este momento, sólo uno de estos modelos ha sido capaz de

III: ¿Quién se preocupa por El Niño y por qué?

generar, aunque pobremente, condiciones similares a El Niño. Los cambios en los eventos extremos de clima asociados con El Niño debieran recibir más atención.

Ahora se acepta que El Niño afecta al clima en una escala global. En los trópicos, con frecuencia los efectos más fuertes involucran regiones ampliamente dispersas que se extienden desde la costa oriental del continente africano hacia el subcontinente Indio hacia el sur este de Asia, y a través del océano Pacífico a diversas ubicaciones en el continente Sudamericano. Tal como se observó antes, existe evidencia de que El Niño ha afectado los patrones del clima en distantes partes del Hemisferio Norte, tan alejadas del Pacífico ecuatorial como norteamérica, Rusia y Ucrania (por ejemplo, Flohn y Fleer, 1975).

Se han emprendido estudios de períodos de calentamiento anteriores, tales como aquellos ocurridos en el período Optimo Medieval (alrededor del año 1200 DC), o evaluaciones históricas de las décadas cálidas de 1920 y 1930, para identificar cambios en el comportamiento de El Niño relacionados con cambios en el clima. El experto en pesca Andrew Bakun (1990, p. 198) especuló que el calentamiento global podría intensificar los vientos que soplan a lo largo de la costa en la costa occidental de los continentes, en otras palabras, en las zonas de surgencia. La forma en que un aumento en la intensidad de los procesos de surgencias costeras en el Pacífico ecuatorial oriental podrían afectar a las poblaciones de peces no estaba claro.

En un taller auspiciado por UNEP, sobre cambio del clima y El Niño, efectuado en Bangkok, Thailandia, en 1991, el meteorólogo australiano Neville Nicholls planteó preguntas a otros participantes sobre lo que uno pudiera decir respecto a posibles cambios en El Niño resultantes de cambios en el clima, dado el estado de nuestro conocimiento en ese momento (Glantz, 1991). A continuación se presenta el consenso de los participantes del taller en respuesta a las siguientes preguntas que se hacen permanentemente.

P: ¿Continuará ocurriendo El Niño?

R: Probablemente. La evidencia asociada de clima indica que El Niño ha continuado produciéndose en una cantidad de regímenes de clima diferente, tanto más cálidos como más fríos. Existe escasa evidencia de que el evento se haya quedado "atascado" en un extremo.

P: ¿Será más intenso El Niño?

R: Es posible. Los resultados del modelo acoplado global sugieren una intensificación de los efectos de el clima en los trópicos, donde las áreas anormalmente húmedas se harán más húmedas y las áreas secas más secas.

P: ¿Cambiará de frecuencia El Niño?

R: Es posible. [de acuerdo con Trenberth y Hoar (1996), "la tendencia de eventos de El Niño más frecuentes y La Niña [fríos] más escasos desde fines de la década de 1970 ha estado unida a los cambios decadales en el clima a través de la cuenca del Pacífico... Tanto la tendencia reciente de más eventos ENOS desde 1976 y el evento prolongado de 1990-1995 son inesperados dado el registro anterior, con una probabilidad de ocurrencia de alrededor de una vez en cada 2000 años. Esto abre la posibilidad de que los cambios ENOS puedan ser parcialmente provocados por los aumentos observados en los gases de invernadero".

P: ¿Cambiará de duración El Niño?

R: Es menos probable. Los eventos de este momento muestran una tendencia hacia dos años de duración unidos al ciclo anual del flujo natural de las estaciones. Sin embargo, en el pasado se han producido eventos de uno y varios años, y no existe evidencia que indique un cambio en esta característica. Esto también implica que los mecanismos involucrados con la transición de una fase cálida a una fase fría (en otras palabras, El Niño a la Niña), y viceversa se mantendrían similares.

P: ¿Existirá un cambio en las teleconexiones tropicales?

R: Eso no está claro. Un modelo acoplado global sugiere que los patrones de teleconexión similares a aquellos de hoy se producirían en los trópicos con un aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, es decir no habrían cambios de acuerdo a este modelo..

P: ¿Existirá un cambio asistemático en las teleconexiones extra tropicales?

R: Probablemente. El trabajo previo de modelación en teleconexiones extratropicales y

en los cambios de los estados básicos del clima sugiere que un gran cambio de clima medio (por ejemplo, aumentos en temperaturas) asociados con un aumento de dióxido de carbono y trazas de gases darían como resultado teleconexiones extra tropicales alteradas. Los resultados procedentes de un modelo acoplado global con mayor cantidad de dióxido de carbono son consistentes con este trabajo anterior. Sobre la base de los análisis de los registros de los pasados 100 años, o algo así, parecieran haberse mantenido (no han cambiado) estas teleconexiones.

- P: ¿Si de hecho se producen los cambios, habrá cambios tanto en los eventos cálidos como en los fríos?
- R: Es probable. Cambios en la estructura térmica superior del océano afecten tanto los extremos de cálidos como frío de la oscilación. Los cambios asociados a la temperatura superficial del mar y a la convección tienen implicancia por sus efectos sobre las actividades de monzones y tifones.

En otro taller sostenido uno pocos años después en Australia se plantearon las mismas preguntas. Las respuestas similares a aquellas entregadas en el taller de Bangkok fueron entregadas por un grupo diferentes de participantes.

La discusión entre los científicos sobre las implicancias del cambio de clima en los diversos aspectos de El Niño en su sentido más amplio, tal como un fenómeno a nivel de la cuenca del Pacífico es altamente especulativo en este momento. Los pronosticadores y los investigadores de El Niño por igual se han sentido un tanto desconcertados por las recientes ocurrencias (1991-95) en el Pacífico ecuatorial. El patrón de cambios de la temperatura e superficie del mar y de presión a nivel del mar en ese período fueron inusuales y, a la vez que inesperado, claramente no tenían precedentes. En consecuencia, es importante reafirmar el asunto de advertencia en el informe del taller australiano sobre Cambio de Clima y Oscilación del Sur:

Los participantes en la reunión acordaron que nuestra comprensión de El Niño Oscilación del Sur dicta mucho de ser completa y el modelamiento del fenómeno es más bien rudimentario. Todavía se requiere mucho trabajo para refinar y confirmar los posibles efectos del cambio de clima en El Niño- Oscilación del Sur antes de que se puedan usar para evaluar impactos sobre la sociedad o los ecosistemas.

(Nicholls, 1993 a, p. 9)

Como todavía existe una activa discusión acerca de los mecanismos que producen ENOS, se hace problemático modelar el comportamiento futuro de ENOS bajo condiciones de calentamiento global. La investigación ha demostrado que existe un grupo de mecanismos ENOS, y uno o más en combinación pueden estar actuando para generar lo que observamos y denominamos ENOS. El fracaso de los modelos de pronóstico al comienzo de los años 90 pareciera confirmar esta opinión. Si no se consideran todos los mecanismos en los modelos, algunos pronósticos de ENOS pueden fallar debido a la ausencia de un determinado proceso. Cualquier cosa que digamos acerca de futuros cambios en ENOS debe, a lo menos, estar moderado por la falta de habilidad que poseemos para simular actuales fenómenos ENOS con modelos, como también para comprender completamente el comportamiento observado de los eventos ENOS.

Gerald Meehl, US National Center for Atmospheric Research

¿Hacia dónde nos dirigimos?

En un período en que la atención se ha trasladado a los cambios ambientales globales inducidos por el hombre tales como el calentamiento global, el agotamiento del ozono, la desertificación y la deforestación tropical, se ha producido una tendencia a reducir la importancia para las sociedades de los cambios a corto plazo que se producen naturalmente. Quizás una razón para esto es que los últimos son eventos episódicos, mientras que los primeros son cambios

continuos que están permanentemente presentes. Otra razón pudiera ser el sentimiento de que existe poco que hacer respecto a eventos que se producen en forma natural, tales como El Niño, pero que los cambios inducidos por el hombre pueden verse afectados por los procesos de toma de decisión. Sin embargo, El Niño es un cambio ambiental que se produce en forma natural y que tiene implicancias globales.

El evento El Niño afecta las vidas de cientos, sino de millones o miles de millones de personas, en forma directa o indirecta, ya sea positiva o negativamente y en forma más directa en los países tropicales que circundan el globo. Cualquier información anticipada respecto al posible inicio o respecto al comienzo real de un evento puede ser usado por aquellos que están en el poder para mitigar sus posibles impactos adversos y capitalizar sobre sus efectos positivos.

En este momento, con los conocimientos actuales cualquiera puede especular que los eventos El Niño están aquí para quedarse. Las sociedades deben aprender más respecto a ellos y aprender como usar la información relacionada con El Niño para su mejoramiento. El mismo consejo se aplica a los eventos fríos. Una sociedad que es alertada con anticipación respecto a El Niño estará mejor preparada.

La comunidad científica que trata con El Niño en su mayor parte se ha enfocado en la predicción del inicio del evento. Mientras que esto es muy importante y útil para las sociedades potencialmente afectadas por él, sólo constituye parte del panorama. Si toda la investigación relacionada con El Niño se detuviera hoy día, todavía habría un valor considerable en el uso de la información existente al respecto en los procesos de toma de decisión tanto en los países tropicales como extra tropicales. Ejemplos nacionales de beneficio provenientes de un conocimiento mejor de El Niño son cada vez mayores: Etiopía, Sudáfrica, Canadá, Brasil, Vietnam, Perú, Chile y Cuba.

La comunidad de Investigación de El Niño sólo ahora está comenzando a atraer a los científicos sociales a su campo, y éstos, sólo recientemente se han interesado en identificar las formas para comprender mejor este fenómeno y aplicar ese conocimiento a las necesidades de los que adoptan decisiones en los diversos sectores de la sociedad, tanto individuos como políticos nacionales. Es claro que la Investigación de El Niño es uno de los puntos brillantes en el horizonte científico, a medida que ingresamos en el siglo XXI.

Las comunidades de Investigación físicas como biológicas están dedicadas en igual forma a continuar sus esfuerzos para desentrañar los restantes misterios de la interacción aire-mar en el océano Pacífico y sus teleconexiones con las anomalías meteorológicas y climáticas en torno al globo. Las ciencias sociales están ansiosas por verse involucradas y están comenzando a hacerlo. Este cambio ambiental global natural recurrente, relativamente descuidado, esta comenzando a recibir el respeto que merece.

No sabemos si el clima global cambiará en las décadas futuras, tampoco sabemos cuando o como se manifestará ese cambio. Claramente nosotros no tenemos ninguna pista respecto a cómo un calentamiento global podría afectar las características de un El Niño. Sin embargo, si los gobiernos desean tener una idea de cuan bien preparadas las sociedades están con respecto a enfrentar las consecuencias del cambio de clima, ellos podrían tratar de obtener un mejor conocimiento de cómo las sociedades de hoy enfrentan la variabilidad del clima. Tenemos estudios respecto a cómo los diferentes grupos y naciones han enfrentado los eventos extremos relacionados con las condiciones meteorológicas, tales como inundaciones, sequías, escarchas. Con frecuencia éstos son eventos aleatorios. Sin embargo, El Niño es un evento recurrente, un experimento del mismo tipo en el Pacífico, el que nos proporciona de vez en cuando información de cuan bien o cuan mal las sociedades han enfrentado eventos meteorológicos extremos.

Los esfuerzos de Investigación de El Niño presentan a la sociedad una situación de "ganar-ganar". Cualquier mejoramiento en nuestra comprensión del evento, de sus teleconexiones y sus impactos en la sociedad y en el ambiente pueden ser de valor para la sociedad. El uso de dicha información también puede beneficiar a la sociedad. Nada se pierde con apoyar a la investigación de la física, biología y de las ciencias sociales asociadas con el Niño. Además de ser un campo atractivo de investigación, tiene grandes beneficios potenciales. Es importante que el público sepa acerca de El Niño y respecto a los esfuerzos de Investigación científica, físicos, biológicos y sociales propuestos para mejorar nuestra comprensión de el fenómeno.

Instituto de Predicción de El Clima

Un esfuerzo de investigación considerable y de fondos en los últimos 10 años se ha asignado a los asuntos de cambios de clima tales como las causas, consecuencias y posibles opciones de políticas. Este esfuerzo ha contribuido a disminuir la importancia de la investigación sobre variabilidad del clima de año en año. Estas escalas de tiempo afectan directamente las generaciones actuales de personas. Se reconoció que para cosechar el beneficio de la investigación relacionada con el clima, debía ponerse en funcionamiento un esfuerzo de investigación más equilibrado, uno que proporcione recursos más adecuados para las investigaciones, tanto de la variabilidad del clima como del cambio del clima. Como una parte clave de este equilibrio, la investigación sobre los aspectos sociales de la variabilidad y el cambio del clima también deben integrarse al plan de investigación.

Para mejorar la habilidad de pronosticar la variabilidad interanual y de entender los beneficios de ellas, el gobierno de los Estados Unidos propuso la creación de un instituto de investigación internacional (Figura 9.4) para la predicción del clima en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil en junio de 1992. Desde entonces varios gobiernos han apoyado una proposición para establecer "un programa de predicción del clima estacional a interanual, multinacional, de extremo a extremo (en otras palabras, desde la investigación a la aplicación de los resultados) (SCPP)... basado en la evolución de los esfuerzos existentes en observar, predecir, comprender y evaluar los procesos oceánicos y atmosféricos" (NOAA/OGP, 1994, p.2.). Dicho programa:

pretende reunir a participantes de todo el mundo para realizar una tarea que ningún país podría alcanzar solo: la creación de un sistema de pronósticos del clima global con la capacidad de emplear los análisis regionales para refinar las predicciones y aplicarlas para el beneficio de las sociedades humanas.

(NOAA/OGP, 1994, p.viii)

En noviembre de 1995, luego de muchos talleres de preparación en torno al globo para estimular el interés en tal Instituto un Foro Internacional sobre el Pronóstico de El Niño, fue realizado en Washington, DC, por la oficina de Programas Globales de la NOAA. Los representantes de alto nivel de los ministerios de ciencias y tecnología de todo el mundo, y sus asesores fueron invitados a discutir ENOS y la variabilidad del clima asociada, los efectos de la variabilidad del clima sobre la sociedad y los avances en los pronósticos de año a año de la variabilidad del clima relacionados con ENOS. También se esperaba que el foro produjera un apoyo internacional de base amplia para la creación de un mecanismo multinacionales par lanzar una red mundial con capacidades de extremo a extremo en el pronóstico y aplicaciones del clima. A la fecha, el foro constituyó la reunión más grande multinacional y multidisciplinaria de personas cuyos intereses estaban centrados en el fenómeno de El Niño.

Un crucial paso adelante al respecto fue el anuncio por parte de NOAA en marzo de 1996, que había seleccionado al Observatorio Terrestre Lamont-Doherty de la Universidad de Columbia y a la

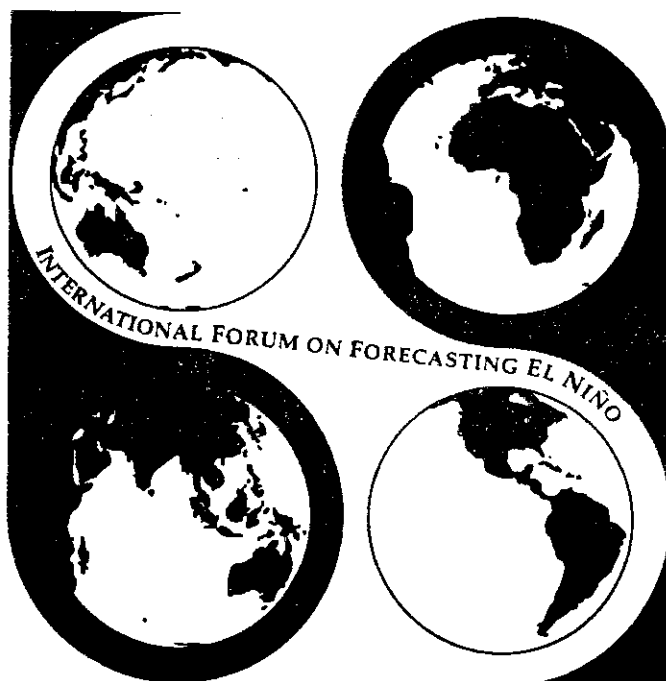


Figura 9.4. Logo utilizado en el foro para crear el Instituto de Predicción del Clima.

III: ¿Quién se preocupa por El Niño y por qué?

Institución de Oceanografía Scripps para conjuntamente albergar al Instituto Internacional de Investigación para Predicciones del Clima de corto plazo. Con este Instituto se podían reunir los talentos de científicos físicos y sociales para apoyar la investigación sobre el sistema de clima acoplado que apuntaba hacia una destreza predictiva mejorada y a la producción y distribución regular de pronósticos experimentales de variabilidad del clima sobre escalas de tiempo de una estación a unos pocos años de anticipación. Las metas y objetivos del instituto incluirán el desarrollo de modelos acoplados del sistema de clima-océano-atmósfera-tierra que se van a usar como la base para las predicciones de clima mejoradas, la generación de pronósticos rutinarios de clima experimentales, la recolección de datos de observación necesarios para mejorar los pronósticos del clima y la adecuación y aplicación de pronósticos del clima para el beneficio social económico explícito tanto de las naciones en desarrollo como desarrolladas.

En los documentos de planificación para el Instituto de investigación existen numerosas referencias de beneficios para la sociedad que probablemente aumentarían a partir de la implementación de un centro de investigación internacional para la predicción del clima en escalas de tiempo estacionales a interanuales. El logro de estos beneficios es una tarea, ni simple ni fácil. Las trivialidades, las esperanzas y los sentimientos de apoyo, en sí mismo, no conducirán a aquellos beneficios. Es un desafío que requiere investigación sistemática sobre el uso real de las predicciones del clima. Requerirá de atención explícita y activa por parte de científicos sociales dedicados y otros interesados en las aplicaciones de la investigación para identificar potenciales usos, como también usuarios de los pronósticos estacionales y anuales. Pueden servir como los constructores de puentes entre la comunidad científica y la sociedad y, por lo tanto, se les debe asignar un rol activo y destacado en el establecimiento de tales centros de pronósticos.