

## **PARTE I**

### **INTRODUCCION Y ANTECEDENTES**

#### **Capítulo 1 – Introducción**

#### **Capítulo 2 – Predicción y aviso de ciclones tropicales, inundaciones fluviales y mareas de tempestad**

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

Los ciclones tropicales, huracanes y tifones son la denominación regional de lo que en esencia constituye un mismo fenómeno. Las depresiones en los trópicos, que se desarrollan hasta constituir tormentas tropicales, se denominan ciclones en la parte suroccidental del Océano Indico, en el Golfo de Bengala y en el Mar de Arabia, así como también en determinadas zonas del Pacífico sur y en las costas septentrionales de Australia. Estas mismas tormentas tropicales son denominadas tifones en el Pacífico noroccidental y reciben el nombre de huracanes en el Caribe, en el sureste de los Estados Unidos de América y en América Central.

El tifón tropical se define con frecuencia como el más devastador de todos los fenómenos naturales. En su combinación de violencia, duración y tamaño de la zona afectada, el ciclón tropical parece no tener igual por la suma total de la destrucción que puede causar. En la historia de la humanidad figura una larga lista de desastres meteorológicos y de pérdida de vidas humanas, gran parte de las cuales se han atribuido a los ciclones tropicales.

Un ciclón tropical considerado probablemente como el peor conocido hasta la fecha azotó Bangladesh en noviembre de 1970 y causó más de 200.000 muertes. Al mismo tiempo que el ciclón incidía en tierra procedente de la costa, la zona estaba sometida a la influencia de la marea alta. Los vientos de gran violencia arrastraron el agua como a través de un embudo entre las dos líneas costeras convergentes del Golfo de Bengala y hacia la región menos profunda de su vértice. La altura de la marea de tempestad estaba comprendida entre tres y nueve metros, y al barrer la islas situadas frente a la costa, así como el cinturón costero de menor altitud, se transformó en un terrible instrumento de muerte y devastación.

#### Medidas para prevenir o mitigar los efectos de los ciclones tropicales

Al contemplar los desastrosos efectos que puede causar un ciclón tropical en un país, debemos necesariamente plantearnos la cuestión de saber si un pueblo y su gobierno han de aceptar pasivamente que se produzca, incluso frecuentemente, un ciclón tropical y simplemente esperar que los efectos sean reducidos, o bien si, por el contrario, el gobierno y el pueblo pueden tomar medidas bien fundamentadas que puedan prevenir, o al menos reducir, las pérdidas de vidas y los daños que al parecer acompañan indefectiblemente a cada ciclón tropical. La respuesta a este dilema es, sin la menor duda, que las medidas cuidadosamente programadas y aplicadas a través de una organización eficaz merecen, con mucho, el esfuerzo de realizarlas. En realidad, se puede afirmar que si una nación se prepara y toma todas las posibles medidas de protección, un ciclón tropical podría causar muchísimas menos pérdidas de vidas y daños a la propiedad que si no se hubiese tomado precaución alguna. El objeto, pues, de estas *Directrices* es describir y explicar qué es lo que se puede hacer en este sentido y sugerir el modo de realizarlo.

La necesidad de llevar a cabo una labor de preparación y protección es de capital importancia porque algunas de las zonas más pobladas del mundo se ven afectadas por los ciclones tropicales y, como en el caso del desastre de Bangladesh que acabamos de citar, la posibilidad de que la pérdida de vidas humanas sea catastrófica es enorme. Además, desde el punto de vista económico, los daños causados en determinados países por los ciclones tropicales pueden significar un considerable porcentaje del producto nacional bruto. En los países en desarrollo los daños pueden ser de una magnitud tal que pueden anular la mayor parte de los progresos realizados para mejorar el nivel de vida de su población.

### Medidas tomadas en distintos países

Si un país se ve necesariamente obligado a tomar más amplias medidas para combatir los daños causados por los ciclones tropicales, su gobierno debería en primer lugar averiguar qué medidas han sido ya adoptadas por otros países que se hallen en condiciones análogas. En las diferentes regiones afectadas por los ciclones tropicales hay aproximadamente unas cuarenta naciones, al menos, algunas de las cuales se hallan en una fase avanzada de desarrollo mientras que otras están poco o medianamente desarrolladas. Los ciclones tropicales han venido produciéndose durante siglos y han constituido siempre una amenaza que, según las distintas épocas, ofrecía mayor o menor posibilidad de causar desastres en función de los cambios de tamaño y distribución de la población dentro de cada país, y también de conformidad con el progreso realizado por el desarrollo urbano, industrial y de otra índole.

En algunos países, especialmente en Australia, Japón y Estados Unidos de América, existen ya sistemas altamente perfeccionados para la prevención y protección contra los desastres naturales. Se han tomado ya amplias medidas a largo plazo, tales como el control de las inundaciones, control del aprovechamiento de las tierras, y normas de delimitación de zonas y de construcción de edificios. Cuando amenace o se haya producido un desastre natural, se puede poner en funcionamiento una organización de urgencia y de toda confianza en cuanto se reciba un aviso de ciclón tropical y, al mismo tiempo, se hace todo lo posible para difundir información y para obtener la plena cooperación del público en general. Estos países han demostrado que la existencia de un programa de prevención y protección contra los desastres naturales, apoyado por toda la población y dotado de un eficaz sistema de aviso, puede reducir considerablemente la tasa de mortandad debida a dichos fenómenos. Esta cuestión se ilustra en la Figura 1 que ha sido tomada de una publicación del Gobierno de los Estados Unidos de América. Estas tormentas tropicales causaron la muerte de más de 10.000 personas durante el período de 30 años comprendido entre 1900 y 1929; sin embargo, durante un período igual comprendido entre 1945 y 1974, el número de muertes fue ligeramente superior a 2.000. Esta reducción se logró a pesar de que vivía una población más numerosa en zonas vulnerables durante el último período. Por el contrario, se halló en los Estados Unidos que los daños medios anuales, después de compensar los efectos de la inflación, fueron durante el decenio de 1965-1974 tres veces superiores a los registrados en 1915-1926. Desde luego, hay que tener en cuenta que a medida que el progreso económico de un país crece, el número de edificios y otras instalaciones aumenta también, de modo que la vulnerabilidad es mucho mayor. Todas estas consideraciones ponen de relieve una vez más la importancia de las medidas de prevención.

Es significativo el hecho de que en los países donde se realizan continuos esfuerzos en materia de prevención y protección contra los desastres naturales, se tiene la firme creencia de que nunca se ha hecho lo suficiente en esta materia. Las medidas de protección, tanto las de largo como las de corto plazo, se hallan siempre en constante revisión con objeto de encontrar el medio de perfeccionarlas, de modo que la aparición de cada ciclón tropical va seguida de un completo estudio del funcionamiento de la organización y de la reacción del público. Otros países, conscientes de lo que puede y debe hacerse en esta materia, realizan enormes esfuerzos para lograr la mayor eficacia en lo que respecta a la prevención y protección contra los desastres. Existen además ciertos países en los cuales las medidas de protección sólo se hallan en una fase rudimentaria. El segundo y tercer grupo de países que acabamos de citar — es decir, los que ya han comenzado seriamente a desarrollar sus programas de prevención y protección y, por otra parte, los que todavía se hallan en las primeras fases de planificación de estas actividades — son sin duda a quienes se pretende ayudar más con estas *Directrices*. Al redactarlas se ha utilizado la experiencia y conocimiento de los países que, tras muchos años de esfuerzo conjuntado, han sido capaces de mostrarnos el buen camino para progresar en esta materia.

### Medidas y cooperación internacionales

Un ciclón tropical puede existir durante varias semanas y a medida que se desplaza puede causar muertes y daños en varios países. Resulta, pues, muy adecuado que los esfuerzos nacionales para combatir los efectos de los ciclones tropicales estén apoyados y complementados por medidas internacionales a escala mundial y regional.

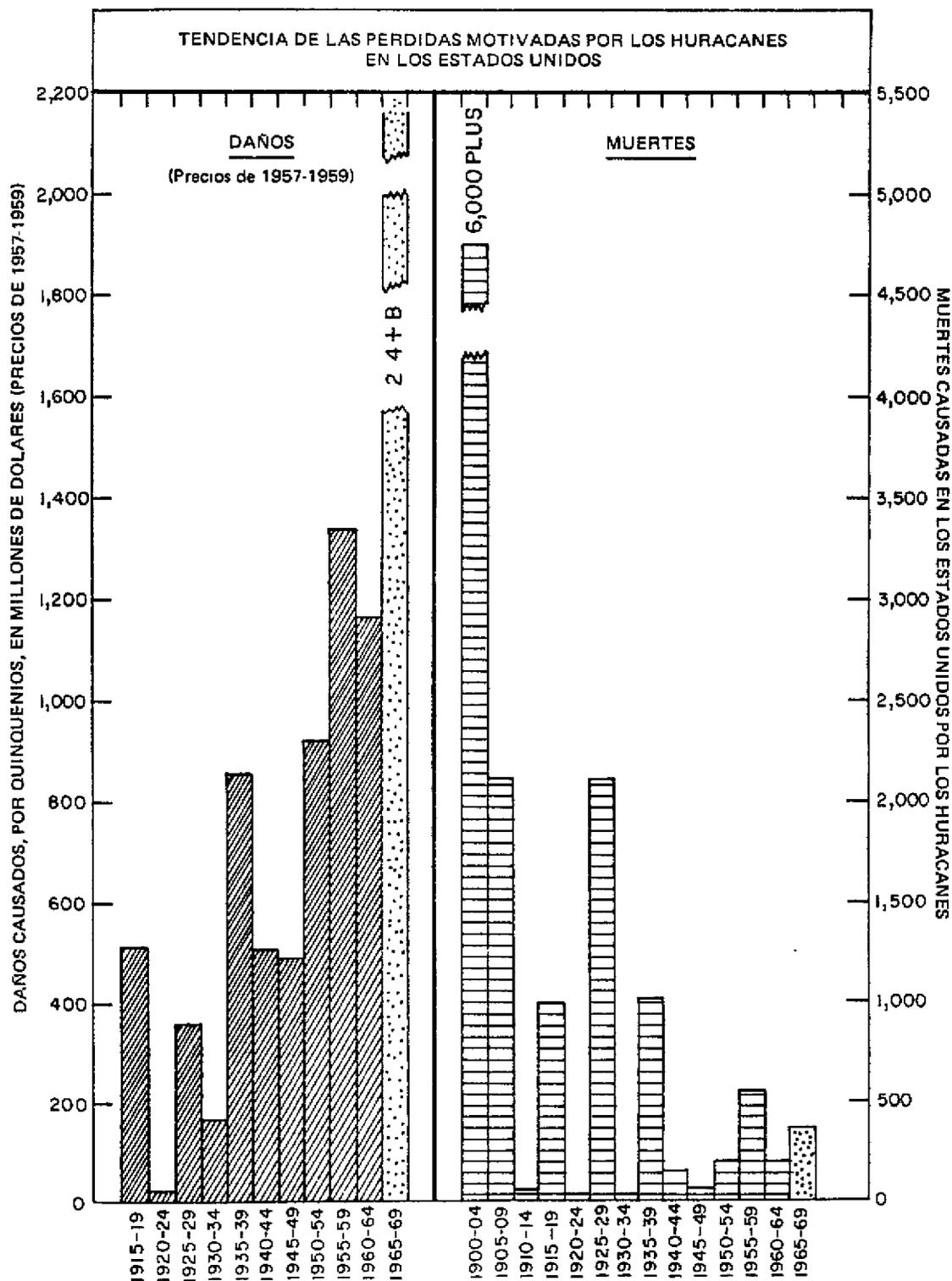


Figura 1 - Tendencias de las pérdidas causadas por huracanes en los Estados Unidos, resumidas por quinquenios. Las estadísticas de daños han sido ajustadas según el índice compuesto para la construcción fijado para 1957-59 por el Departamento de Comercio. A la derecha del diagrama se aprecia la tendencia decreciente de muertes debidas a los huracanes, que se debe atribuir al perfeccionamiento de los sistemas de aviso y del programa de protección de la población

La utilidad e importancia de las medidas internacionales quedan también justificadas por motivos económicos. En las Naciones Unidas y sus organismos especializados, así como en las organizaciones de carácter benéfico tal como la Liga de Sociedades de la Cruz Roja (LSCR), se tiene siempre presente que no solamente ha de tenerse en cuenta la necesidad de cada país de salvaguardar las vidas y propiedades contra los efectos de los ciclones tropicales, sino que además hay que contar también con la capacidad de cada país para adoptar las necesarias medidas de protección. Las medidas que podrían ser practicables en los países avanzados, que cuentan con buenos recursos financieros y conocimientos técnicos, podrían plantear numerosos problemas a los países en desarrollo, que sería imposible resolver sin ayuda exterior.

En 1964 la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESAP) mantuvieron conversaciones con los países interesados sobre la posibilidad de crear un programa mixto destinado a reducir las pérdidas de vidas humanas y los daños causados por los ciclones tropicales, que se denominan tifones en los países del sureste de Asia y del Pacífico. Dichas conversaciones dieron por resultado la creación en 1968 del Comité Intergubernamental sobre Tifones, encargado de fomentar y coordinar los esfuerzos destinados a mitigar los daños causados por los tifones en la región de la CESAP.

En el programa del Comité sobre Tifones se incluye la provisión de instalaciones adicionales meteorológicas e hidrológicas para perfeccionar la predicción y aviso de los tifones y también para crear sistemas de predicción de crecidas en los principales ríos. Además, se dedican también considerables esfuerzos a la ampliación y ulterior desarrollo de las actividades de prevención y protección contra los desastres naturales, con atención especial para lograr que el público en general comprenda los peligros que acompañan a los tifones y esté dispuesto a cooperar con la organización para casos de emergencia. Además, dentro de este programa del Comité figuran como importantes elementos la formación profesional y la investigación, ya que es esencial disponer de las técnicas más recientes que facilite la tecnología y la ciencia en cada caso a fin de utilizarlas en la lucha contra los ciclones tropicales.

El ciclón tropical de la Bahía de Bengala, que tuvo tan trágicas consecuencias para Bangladesh en noviembre de 1970, constituyó en realidad el punto de partida para suscitar la atención internacional sobre la necesidad de realizar esfuerzos combinados para contrarrestar la amenaza que representan los ciclones tropicales. En estas fechas una serie de tifones asolaron Filipinas, causando grandes pérdidas de vidas y daños en gran escala. El Comité sobre Tifones dirigió un llamamiento a las Naciones Unidas con objeto de que se tomaran iniciativas de carácter internacional. En respuesta a este llamamiento, la Resolución Nº 2733 (XXV)D de la Asamblea General, en la que se manifestó la creencia de que la capacidad científica y técnica del hombre podría ayudar a contrarrestar este azote ambiental que son los ciclones tropicales, encargó a la OMM que, con ayuda de otras organizaciones y Estados Miembros de las Naciones Unidas, movilizase a los científicos y recursos necesarios para descubrir los medios de mitigar los perniciosos efectos de estas tormentas y eliminar o reducir al mínimo su potencia destructiva. En consecuencia la OMM, creó el denominado Proyecto sobre Ciclones Tropicales en el que se encuadra un plan de acción referente a la detección y predicción de ciclones tropicales, predicción de crecidas y mareas de tempestad, organización de sistemas de aviso, así como otros aspectos referentes a la prevención y protección contra los desastres naturales.

En otra Resolución, la Nº 2816 (XXVI) de la Asamblea General, se trató concretamente de la provisión de asistencia a los países donde se produzcan desastres naturales u otras situaciones catastróficas. Esta resolución fue adoptada en 1971, lo cual motivó que en 1972 se crease la Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Medidas de Socorro en Caso de Desastres Naturales (UNDRO), con amplias responsabilidades relativas a la coordinación internacional de los socorros en caso de desastres naturales o en otras situaciones catastróficas, y también se le encomendó el fomento de las medidas de prevención y protección.

Entre los organismos especializados de las Naciones Unidas que realizan esfuerzos notables en apoyo de los programas regionales y nacionales destinados a combatir los peligros de los ciclones tropicales citaremos el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y los órganos regionales tales como la CESAP que hemos citado al tratar del Comité Intergubernamental sobre Tifones. Además hay que destacar, entre las organizaciones no gubernamentales, a la Liga de Sociedades de la Cruz Roja (LSCR) que desempeña una importante función en todas las zonas propensas a los desastres naturales, incluidos los países afectados por los ciclones tropicales.

Como ilustración de la cooperación internacional que se organiza en materia de ciclones tropicales merece la pena recordar que la UNDRO y todas las organizaciones ya citadas en el párrafo precedente participan en uno o varios de los subproyectos del Proyecto de la OMM sobre Ciclones Tropicales. Merece también la pena saber que las actividades del Comité sobre Tifones CESAP/OMM viene suscitando cada vez mayor interés en otras zonas afectadas por los ciclones tropicales. Consecuencia directa de ello ha sido la creación de otros dos órganos regionales, uno para los países situados en los alrededores del Golfo de Bengala y Mar de Arabia, y otro para los países de la zona suroccidental del Océano Indico, que siguen una política general y programas muy análogos a los del Comité sobre Tifones.

### **Alcance de la prevención y protección contra los desastres naturales**

La prevención y protección contra los desastres naturales consiste en una amplia gama de medidas, unas a largo y otras a corto plazo, cuyo objeto es salvar vidas y limitar los daños que de otro modo podrían ser causados. La prevención trata de los aspectos a largo plazo y se refiere directamente a las políticas y programas destinados a prevenir o eliminar la ocurrencia de desastres. Se toman las medidas necesarias correspondientes a la planificación física y urbana, obras públicas y construcción de edificios. Las medidas a corto plazo tienen por objeto tomar las iniciativas que proceda durante la aproximación de un posible desastre, durante la existencia de dicho desastre y el período subsiguiente al mismo destinado al salvamento y rehabilitación.

Es evidente la inevitable complejidad que lleva consigo la organización de las actividades de prevención y protección contra los desastres naturales. Ello implica gran variedad de distintos servicios y conocimientos que han de ser combinados de modo que toda la organización pueda funcionar con facilidad y alcanzar sus objetivos. Si una parte del sistema falla, los otros elementos sufrirán indefectiblemente graves consecuencias. Existe, pues, un alto grado de interdependencia entre cada uno de los distintos componentes. En general, se puede decir que la prevención y protección contra los desastres naturales constituyen un sistema de enorme alcance que implica la participación de organizaciones oficiales y voluntarias a nivel nacional, regional y local, en las que interviene el público en general de manera directa en ciertos aspectos críticos, y dentro de las cuales se llevan a cabo actividades en casi todas las escalas de tiempo, desde unos pocos minutos hasta varios decenios.

### **Función vital del sistema de aviso de ciclones tropicales**

El sistema de aviso constituye un elemento primordial dentro de la organización de protección contra los desastres naturales, la cual a su vez tiene su origen en las medidas a corto plazo cuyo objeto es reducir al mínimo las pérdidas de vidas y daños y facilitar, con eficacia y en tiempo oportuno, las labores de salvamento, auxilio y rehabilitación. Esta organización debe estar perfectamente dispuesta a funcionar en la estación de ciclones tropicales para entrar en actividad cuando se difunda un aviso de aproximación de un ciclón tropical. El centro vital del sistema de aviso es el Servicio Meteorológico Nacional, responsable de la predicción de los ciclones tropicales en los mares vecinos y de predecir dónde y cuándo entrarán en el país; también se encarga de determinar las características que se espera que tenga el ciclón en lo que respecta a fuerza de viento, lluvia y marea de tempestad. Cuando se difunde un aviso de ciclón tropical, el Servicio Hidrológico nacional, utilizando las predicciones de lluvia y los datos básicos, mantendrá en constante vigilancia el riesgo de inundaciones con objeto de difundir a su vez los correspondientes avisos.

En los últimos años se han perdido numerosas vidas simplemente porque no existía sistema alguno de avisos o bien porque dicho sistema no pudo llevar a cabo sus funciones satisfactoriamente. La experiencia de los países en donde las medidas de protección contra los desastres han sido bien establecidas y perfeccionadas constantemente, confirma que la existencia de un servicio eficaz de aviso constituye una importantísima contribución a la seguridad de las vidas humanas. Una de las características del sistema de avisos y de las medidas a corto plazo que constituyen la base de la protección contra los desastres naturales es que las iniciativas que se adopten inmediatamente después de la difusión de un aviso afectan directa y personalmente al público en general, así como a las personas responsables que forman parte de la organización de urgencia.

## Orígenes y finalidad de las Directrices

Como parte de las actividades del Comité sobre Tifones, las misiones mixtas LSCR/OMM/CESAP visitaron algunos de los países Miembros para estudiar las disposiciones relativas a la prevención y protección contra los desastres naturales, con objeto de fomentar, cuando fuese conveniente, la consecución de una más estrecha cooperación entre los distintos organismos nacionales interesados y facilitar también información y asesoramiento sobre cualquier aspecto de la planificación y organización de las labores que hay que realizar antes de la ocurrencia de desastres. Como resultado de estas visitas, como ya se ha explicado en el Prólogo, estas tres Organizaciones, junto con el Comité sobre Tifones, aceptaron la recomendación de que se publicase un manual con información y directrices aplicables al desarrollo, organización y funcionamiento de los sistemas de prevención y protección contra los desastres naturales. Dichos organismos nombraron una junta editorial encargada de compilar el manual y, tan pronto como fue posible, se invitó a la UNDRO a participar y a asesorar en todas las fases de esta labor.

Las *Directrices* están destinadas especialmente a las personas y a los servicios gubernamentales o no gubernamentales cuya responsabilidad se relaciona con la prevención y protección contra los desastres naturales. Se pretende que las *Directrices* sirvan de fuente de información sobre lo que debe hacerse para organizar el mejor sistema posible de protección. El texto del manual se funda en su mayor parte en las prácticas adoptadas en países tales como Australia, Japón y Estados Unidos de América, donde la organización de la prevención y protección contra los desastres es muy amplia y está siendo constantemente perfeccionada. Se han tenido presentes las necesidades y problemas de los países en desarrollo al elegir los ejemplos prácticos, pero debemos insistir en que dichos ejemplos tienen un carácter meramente ilustrativo y su finalidad es ayudar a cada país a determinar sus propias necesidades en materia de prevención y protección contra los desastres. Para que sean más útiles, se ha incluido en las *Directrices* una bibliografía en donde se enumeran las publicaciones y folletos que tratan de los distintos aspectos de todo el problema.

Aunque las *Directrices* se han escrito pensando en los ciclones tropicales y en sus correspondientes inundaciones y mareas de tempestad, muchos párrafos serán aplicables a las necesidades que plantean los posibles peligros que acompañan a otros tipos de desastres naturales. Se espera que estas consideraciones aumenten la utilidad de las *Directrices* para los organismos gubernamentales y no gubernamentales responsables de las medidas que han de adoptarse para combatir los desastres.

## Esquema de las Directrices

Las *Directrices* constan de cuatro partes. La Parte I contiene el presente capítulo de introducción seguido de otro en el que se da una explicación general de los ciclones tropicales y de sus características, así como de las inundaciones fluviales y mareas de tempestad. Se ha dedicado especial atención a los sistemas de aviso y al importantísimo tema de la difusión de estos avisos a todos los interesados. Este último capítulo se ha incluido porque todas las personas que ocupan un cargo de responsabilidad en la organización para casos de urgencia deben tener un conocimiento básico de los ciclones tropicales y de sus principales características, así como de los tipos de predicción y avisos que se difunden, de modo que estos mensajes puedan ser interpretados y cumplimentados de la manera más eficaz.

La Parte II trata de la prevención contra los desastres y de las medidas a largo plazo que se adoptan con objeto de hacer frente a los desastres que pudieran ser causados por los ciclones tropicales. Entre los temas tratados se incluye la legislación relativa a los desastres naturales, la evaluación de los riesgos y otros aspectos tales como el control y el aprovechamiento de las tierras y las normas de construcción de edificios.

En la Parte III se describe la planificación y organización de la protección contra los desastres. Además de las secciones que tratan de legislación y planificación, en los temas que en esta parte se incluyen se insiste mucho en los correspondientes aspectos operativos de las medidas que deben adoptarse antes y durante cualquier situación de urgencia.

Finalmente, la Parte IV trata de las consecuencias de los desastres. En un capítulo dedicado a la rehabilitación del terreno y al reasentamiento de la población humana, se trata de las medidas a corto, medio y largo plazo que han de adoptarse durante el período que sigue al desastre y se estudian numerosos aspectos relacionados con las cuestiones sociales, económicas y de otra índole. A continuación figura un capítulo donde se pone de relieve la importancia de llevar a cabo un estudio detallado para evaluar los daños subsiguientes a cada ciclón tropical. Los resultados de estos estudios son necesarios para numerosos fines. Uno de los objetivos más importantes es conseguir que se pueda detectar cualquier deficiencia que tenga la organización de las actividades de prevención y protección contra los desastres y lograr subsanarla.

## CAPITULO 2

### **PREDICCIÓN Y AVISO DE LOS CICLONES TROPICALES, INUNDACIONES FLUVIALES Y MAREAS DE TEMPESTAD**

#### **Generalidades**

En una organización nacional para la prevención y protección contra los desastres naturales existen numerosos componentes, cada uno de los cuales es esencial para el fácil y eficaz funcionamiento de la organización durante todo el período de aproximación, duración y consecuencia de un ciclón tropical. Las responsabilidades referentes a las predicciones y avisos de ciclones tropicales y de los correspondientes vientos, lluvia, inundaciones y mareas de tempestad corresponden a los servicios nacionales de meteorología, hidrología e hidrografía. Es importante que las autoridades que intervienen en la planificación y funcionamiento del programa de prevención y protección contra los desastres naturales comprendan bien la labor de los servicios responsables de meteorología, hidrología e hidrografía, y aprecien su capacidad y limitaciones. Será, pues, beneficioso para todo el mundo que se facilite información básica al público en general sobre estos servicios técnicos.

El Servicio Meteorológico tiene por norma preparar y difundir predicciones meteorológicas diarias y, cuando procede, avisos de condiciones meteorológicas peligrosas. Esas responsabilidades adquieren la mayor importancia cuando se trata de ciclones tropicales debido a las posibilidades de que se produzcan desastres. En estas ocasiones el Servicio Meteorológico, mediante una serie de predicciones, boletines y avisos, debe tener bien informados a todos los servicios interesados, autoridades y público en general de la evolución de los ciclones tropicales y de su intensidad, velocidad de dirección y movimiento, así como de la fuerza del viento, lluvia prevista y posibilidad de que se produzcan mareas de tempestad. Los predictores trabajan en estrecho contacto con los hidrólogos en lo que respecta a las inundaciones fluviales y con los hidrógrafos cuando se trata de mareas de tempestad.

El Servicio Hidrológico, que en algunos países está integrado con el Servicio Meteorológico constituyendo una organización hidrometeorológica, tiene también responsabilidades que pasan a ser muy importantes cuando el país se enfrenta con la amenaza de un ciclón tropical y, si esta amenaza se cumple, durante el período en que el país está afectado por esta clase de fenómenos. Durante todo el período en cuestión, que incluye la posibilidad de una urgencia y la urgencia real, los hidrólogos reciben un constante flujo de datos y evalúan los riesgos de que se produzcan inundaciones fluviales, indicando también las zonas que probablemente han de sufrirlas.

El Servicio Hidrográfico participa, junto con el Servicio Meteorológico, en la compilación de los datos requeridos para la predicción de mareas de tempestad. Entre los datos hidrográficos más esenciales figura la predicción de mareas, las frecuentes y periódicas lecturas de los mareómetros instalados a lo largo de los sectores más importantes de las costas y bahías y, por último, la información sobre la topografía del fondo del mar frente a las costas.

Tal y como ocurre con las predicciones y avisos meteorológicos, la evaluación del riesgo de inundaciones y la probabilidad de que se produzcan mareas de tempestad son transmitidas a los servicios pertinentes, a otras autoridades responsables y, directa o indirectamente, al público en general.

#### **Naturaleza de los ciclones tropicales**

Los ciclones tropicales son sistemas de baja presión o depresiones en las cuales el aire circula en el sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio norte, pero en el mismo sentido que ellas en el hemisferio sur. Dentro de las actividades de prevención y protección contra los desastres naturales, el interés principal reside en las depresiones

tropicales en las que el viento circula a velocidades superiores a 17 metros por segundo (61 km por hora) cerca de la superficie. Los meteorólogos distinguen entre ciclones tropicales en los que la fuerza del viento está comprendida entre 17 y 32 metros por segundo (61 a 115 km por hora) y los ciclones en los que las velocidades son superiores a 32 metros por segundo. De los ciclones pertenecientes a esta segunda categoría se dice que el viento sopla con toda la fuerza de un huracán.

Los ciclones tropicales son denominados de muy diversas maneras según las regiones en donde se producen. Estos términos descriptivos se resumen en la Tabla I que se reproduce a continuación.

TABLA I  
Zonas de ocurrencia de intensos ciclones tropicales y descripción regional

Región	Intervalos de velocidad máxima del viento (metros por segundo)	
	17-32	32-85
Océano Pacífico Norte Occidental	Ciclón tropical	Tifón
Golfo de Bengala y Mar de Arabia	Ciclón	Ciclón fuerte
Océano Indico Meridional	Depresión tropical	Ciclón tropical
Océano Pacífico Meridional	Depresión tropical	Ciclón
Atlántico Norte y Pacífico Norte	Tormenta tropical	Huracán

Es importante conocer las denominaciones regionales que figuran en esta tabla con el fin de que se pueda saber que el fenómeno descrito con el nombre de tifón fuerte en el Golfo de Bengala es esencialmente el mismo fenómeno que se denomina huracán cuando se produce en el Atlántico Norte. En las *Directrices* será conveniente utilizar el nombre de ciclón tropical, excepto cuando se haga referencia concreta a una región en donde se utilice una terminología diferente.

Los ciclones tropicales se forman en mar abierto en las zonas donde la superficie del agua tiene una elevada temperatura, de 25°C o mayor. Una vez que se ha formado el ciclón tropical, su desarrollo, velocidad y dirección de movimiento deben ser vigilados con la mayor frecuencia posible porque su trayectoria puede ser errática y, por consiguiente, muy difícil de predecir. Al cruzar por una línea costera o desplazarse sobre una zona terrestre, los ciclones tropicales pasan a ser menos violentos, aunque la lluvia puede continuar todavía durante algún tiempo.

Hemos definido antes los ciclones tropicales como depresiones tropicales con vientos superiores a 17 metros por segundo (61 km por hora) y todas estas tormentas pueden causar graves pérdidas de vidas y considerables daños a un país. Sin embargo, los vientos fuertes o violentos no son la única característica importante de un ciclón tropical. Comparados con las depresiones de las latitudes templadas, un ciclón es pequeño en extensión, teniendo habitualmente un diámetro de sólo unos pocos cientos de kilómetros. Su presión central o mínima es muy baja, muy inferior a 1.000 mb y, en algunos casos, llega a ser de 900 mb. La zona central, denominada ojo de la tormenta, tiene un diámetro que varía entre 20 km y 100-200 km, y en esta zona las condiciones son bastante tranquilas, con vientos débiles y poca nubosidad. Así, pues, en el anillo que existe entre el perímetro del ojo y el límite exterior de la tormenta el gradiente de presión es excepcionalmente fuerte y aquí se hallan los vientos violentos y las lluvias torrenciales en los que casi todo el mundo piensa cuando se habla de un ciclón tropical.

En la Tabla II se reseñan las frecuencias mensuales de los ciclones tropicales en las zonas donde se producen.

TABLA II  
Frecuencia de los ciclones tropicales en función de las regiones y los meses

Zona	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>Hemisferio Norte</i>												
Pacífico noroccidental	0,5	0,2	0,5	0,7	1,1	1,7	3,9	5,1	4,5	3,8	2,7	1,1
Pacífico nororiental					0,3	1,3	2,1	2,0	2,4	1,4	0,2	
Golfo de Bengala y Mar de Arabia				0,3	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	1,0	1,1	0,4
Océano Atlántico Norte						0,5	0,5	1,8	2,7	1,7	0,4	
<i>Hemisferio Sur</i>												
Océano Pacífico Sur	2,0	2,0	1,9	0,7	0,1	0,1					0,1	0,7
Océano Indico Sur	0,5	0,5	1,8	2,7	1,7	0,4						

En las regiones citadas en la columna de la izquierda de la Tabla II es posible que se produzca un ciclón tropical en cualquier mes del año, pero como también indica la tabla, el período de máxima frecuencia en las regiones del hemisferio norte es más o menos de junio a octubre, excepto en el Golfo de Bengala y en el Mar de Arabia en donde la frecuencia adquiere valor máximo en mayo y octubre/noviembre. Para dar una idea general, los datos de frecuencia que figuran en la Tabla II son bastante útiles, pero el meteorólogo no debe excluir la posibilidad de que se produzca un ciclón tropical en cualquier mes, a pesar de que la probabilidad estadística sea muy baja. En vista de que la difusión de avisos de ciclones tropicales, y todas las medidas subsiguientes, deben tener su origen en las condiciones meteorológicas, el predictor debe estar alerta, tanto si las probabilidades de ocurrencia son mínimas como si son máximas. En otras palabras, todas las depresiones tropicales deben ser tratadas en función de sus propias características, con objeto de evitar la posibilidad de rehusar de antemano cualquier indicación que, en cualquier otra época del año, implicaría sin duda alguna que se está desarrollando un ciclón tropical.

El poder destructivo de un ciclón tropical puede ponerse de manifiesto a través de sus tres principales efectos: vientos fuertes, inundaciones y mareas de tempestad. En el sistema de prevención y protección contra los desastres naturales se ha de incluir necesariamente los avisos y las medidas de protección contra cada uno de estos efectos. Los vientos son una característica fundamental de los ciclones tropicales; las inundaciones y las mareas de tempestad son consecuencia de los ciclones tropicales y de otras causas.

### Vientos

Los vientos de un ciclón tropical son muy fuertes y racheados y pueden persistir durante muchas horas, incluso un día o dos. Es de la mayor importancia para todos comprender que cuando el centro u ojo de la tormenta pasa sobre un lugar, a los vientos fuertes que soplan de una dirección sigue un breve período de calma, a continuación del cual se producen vientos fuertes del cuadrante opuesto. La Figura 2 ilustra un ciclón tropical típico que se desplaza hacia el noroeste en la dirección indicada por la flecha. Si imaginamos una ciudad situada en el punto A, se verá que dicha ciudad experimentará vientos fuertes o vientos huracanados del noreste hasta que pase el ojo del ciclón sobre dicha ciudad, y después, a medida que la tormenta tropical comienza a desplazarse, los vientos soplarán de nuevo muy fuerte pero esta vez del suroeste. Así, pues, cuando el ojo de una tormenta, con sus vientos débiles, pasa sobre una zona, no debe interpretarse como una indicación de que el peligro ha terminado.

Los destructores efectos del viento de un ciclón tropical se deben a una combinación de su intensidad, su efecto racheado y su persistencia. Cualquier defecto de la estructura de un edificio, por robusto y sólido que parezca, puede eventualmente ser revelada por los vientos racheados de fuerza de temporal

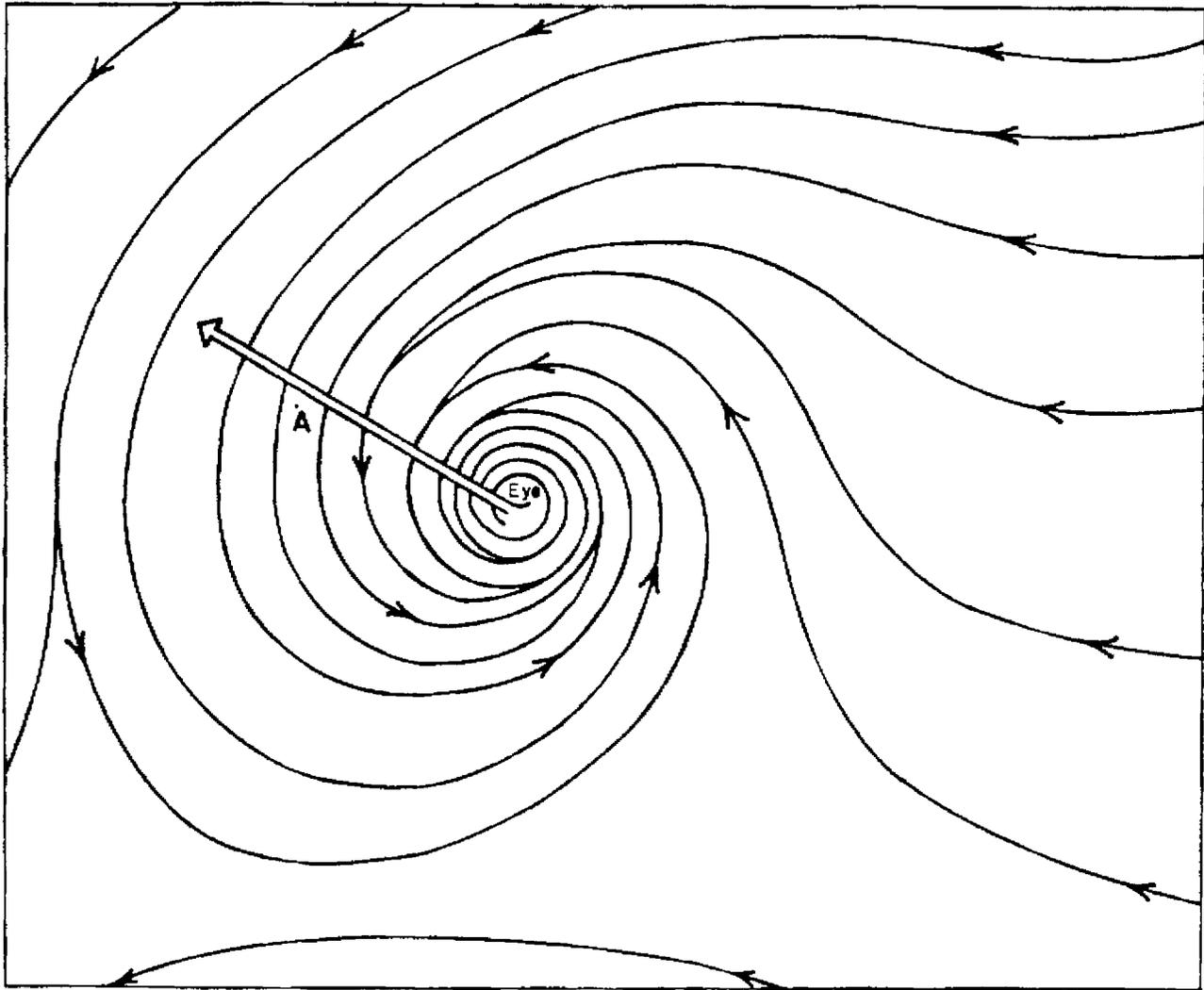


Figura 2 - Ojo y distribución del viento de un ciclón tropical típico en el hemisferio norte.

### Inundaciones fluviales

Los ciclones tropicales casi siempre van acompañados de lluvias fuertes a medida que se desplazan tierra adentro procedentes de los océanos. En una estación, la cantidad total de lluvia observada durante el paso de un ciclón tropical puede exceder de 250 mm, caída en un período tan corto como de hasta 12 horas o que puede distribuirse dentro de un período de 48 horas. En cualquier caso se producirá gran riesgo de inundación fluvial que puede causar la pérdida de muchas vidas y muchos daños. La topografía de un país ejerce una importante influencia en la lluvia y si existen montañas cerca de la costa en el recorrido de una tormenta tropical, la lluvia puede alcanzar valores extremos. Las inundaciones debidas a los ciclones tropicales son con frecuencia una amenaza mayor que los vientos o las mareas de tempestad causadas también por dichos fenómenos.

En la labor de predicción y aviso del riesgo de inundaciones debe mantenerse la más estrecha coordinación entre los Servicios Meteorológico e Hidrológico, que deberán trabajar de pleno acuerdo con las autoridades hidrológicas locales. El meteorólogo, además de predecir la intensidad, movimiento y evolución del ciclón tropical, redactará también predicciones de lluvia, con la hora de comienzo, duración y cantidades previstas. La predicción de las cantidades de lluvia es una de las cuestiones más difíciles de la actividad meteorológica

El hidrólogo es el responsable de los avisos de inundaciones y dispondrá, además de la previsión meteorológica, de las medidas de lluvia efectuadas en las estaciones del Servicio Meteorológico, de las autoridades hidrológicas y de otras entidades, y también contará con amplios informes del nivel y caudal de los ríos con el fin de poder evaluar las consecuencias que puedan tener las características de ingeniería de las construcciones. En la concentración de dichos datos, las telecomunicaciones ejercen una función vital. En la preparación de las predicciones de inundación y avisos, el Servicio Hidrológico facilita datos para las autoridades responsables y hace lo necesario para informar al público en general sobre el nivel máximo, tiempo de ocurrencia, duración probable y gravedad de las inundaciones. El Servicio Hidrológico está encargado también de asesorar sobre las medidas que deben tomarse y sobre los posibles efectos que se producirían si no se adoptase medida alguna.

Uno de los problemas más difíciles es la predicción y aviso de las inundaciones instantáneas, especialmente en terreno montañoso. Estas inundaciones son causadas por la intensa lluvia y su valor máximo se produce unas pocas horas después de que haya terminado la lluvia más intensa. Con objeto de poder difundir avisos de las inundaciones instantáneas se instalan habitualmente instrumentos especiales corriente arriba que dan la alarma cuando se alcanza determinado nivel crítico de agua.

Algunos ríos constituyen verdaderos cauces internacionales de desagüe de las inundaciones y, por lo tanto, la amenaza de inundación en estos ríos exige la coordinación internacional y ayuda mutua entre varios países. Por ejemplo, el sistema de predicción de inundaciones del río Mekong ha sido creado conjuntamente por los países interesados, con ayuda internacional.

### Mareas de tempestad

Un ciclón tropical puede causar una crecida de varios metros del nivel del mar a lo largo de la costa, con el resultado de que pueden quedar inundadas amplias zonas tierra adentro. Estos efectos se han producido en algunos de los mayores desastres naturales causados por los ciclones tropicales. La muerte de más de 200.000 personas en Bangladesh en noviembre de 1970 fue causada por una marea de tempestad cuya altura se estimó entre tres y nueve metros.

Los principales factores meteorológicos que determinan una marea de tempestad son el campo de viento en el ciclón tropical y la presión al nivel del mar observada en el centro del ciclón, la cual en los ciclones tropicales más intensos puede ser de 100 mb más baja que la presión zonal circundante. En general, las mareas de tempestad más intensas van asociadas a una gran diferencia de presión dentro y fuera de la tormenta tropical y también se relacionan con la existencia de una amplia zona de vientos muy fuertes que afectan asimismo al mar de fondo y a la altura de las olas. También se requiere asesoramiento y datos hidrográficos con respecto a otros factores, como por ejemplo el estado de la marea a lo largo de la línea costera, incluyendo las olas de marea alta, la naturaleza de la marea y la topografía del fondo del mar cerca de la costa. Las mareas de tempestad más intensas son consecuencia de una combinación de vientos fuertes, mareas altas y una suave inclinación del fondo del mar. Las bahías y otros entrantes de la costa son especialmente vulnerables a las mareas de tempestad. Puede producirse también otra situación crítica en la desembocadura o en las aguas costeras de los ríos cuando el valor máximo de la inundación debida a la lluvia se produce al mismo tiempo que la marea de tempestad, y esto tiene como consecuencia la aparición de niveles incluso más altos del agua.

La marea de tempestad se produce a cierta distancia del centro del ciclón tropical, a la derecha del centro en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur. Uno de los principales problemas de predicción reside, por consiguiente, en estimar dónde y cuándo incidirá en tierra el centro de la tormenta. Esta estimación constituye una fase preliminar de la predicción de la altura probable de la marea de tempestad en los distintos lugares situados a lo largo de la costa.

## Control y predicción de los ciclones tropicales

La ciencia y práctica de la predicción meteorológica dependen de los datos que se obtengan en una amplia zona y de los medios de telecomunicación, para que estos datos puedan ser reunidos de las numerosas estaciones de observación y puedan ser emitidos para que los interpreten todos los servicios que los requieren.

### *Datos de observación*

Con el fin de poder hacer una predicción de una zona que tenga el tamaño de un país o de un continente, o incluso de una región mayor de la superficie terrestre, el predictor necesita datos que especifiquen las condiciones en la superficie y en la atmósfera superior dentro de una amplia zona en la que ocupa una posición central el punto para el que se requiere la predicción. Debido al hecho de que los procesos atmosféricos se producen en cualquier momento, los datos deben ser constantemente renovados; algunos informes se exigen a intervalos horarios, otros cada tres, seis y doce horas, de modo que se pueda vigilar continuamente el estado de la atmósfera y de la superficie del mar. Algunos medios de observación, como por ejemplo el radar meteorológico, permiten observar continuamente la lluvia y las nubes dentro del radio de alcance del equipo y la información facilitada instantáneamente de este modo es de gran utilidad.

En vista de que los análisis y predicción de las condiciones atmosféricas exigen datos de otros países, además del propio, la Organización Meteorológica Mundial ha establecido normas generales aplicables a las redes de estaciones de observación de superficie y en altitud, y cada país se compromete a instalar redes nacionales en su propio territorio, utilizando como guía las normas de la OMM. Se compromete también a facilitar estos datos para el intercambio internacional.

Un país susceptible de ser afectado por los ciclones tropicales debe instalar medios adicionales de observación para complementar la red meteorológica básica que exige las actividades normales de predicción y climatología, con objeto de hacer frente a las necesidades de la aviación, industria, agricultura, navegación marítima, público en general, etc. La red normal o básica debe incluir estaciones de observación que faciliten los valores de los elementos meteorológicos en la superficie y en altitud, y contarán también con equipo, en los centros principales de predicción, capaz de interceptar las imágenes de nubes procedentes de los satélites las cuales son de la mayor utilidad para indicar los centros de los sistemas de baja presión. Las instalaciones adicionales que un país necesita cuando esté con frecuencia afectado por los ciclones tropicales deben organizarse de la siguiente manera:

#### *a) Estaciones de radar meteorológico*

Este equipo de radar, que funciona con una longitud de onda de 10 cm, tiene un alcance eficaz de unos 400 km para la localización de ciclones tropicales, para controlar su movimiento y determinar la naturaleza e intensidad de los sistemas nubosos y lluvias asociados. La principal ventaja del radar meteorológico es que, dentro de su alcance, permite vigilar continuamente un ciclón tropical con lo cual el Servicio Meteorológico puede facilitar información precisa y segura a medida que dicho fenómeno se aproxima a la zona amenazada. En la Figura 3 se ilustran varias importantes características de un ciclón tropical: el ojo, el muro de nubes, el núcleo de lluvia y sus ramificaciones. Estas características serán reveladas por la pantalla del radar. El radar meteorológico da, pues, una imagen clara de las características de mayor importancia para predecir la intensidad, desarrollo y movimiento de un ciclón tropical.

#### *b) Estaciones auxiliares de observación*

Estas estaciones pueden funcionar con carácter permanente, pero en todo caso deberán operar plenamente tan pronto como se difunda un aviso provisional de ciclón tropical. Deberán estar equipadas para medir la presión, viento y lluvia. Deben estar instaladas a lo largo de las zonas costeras y en emplazamientos significativos tierra adentro.

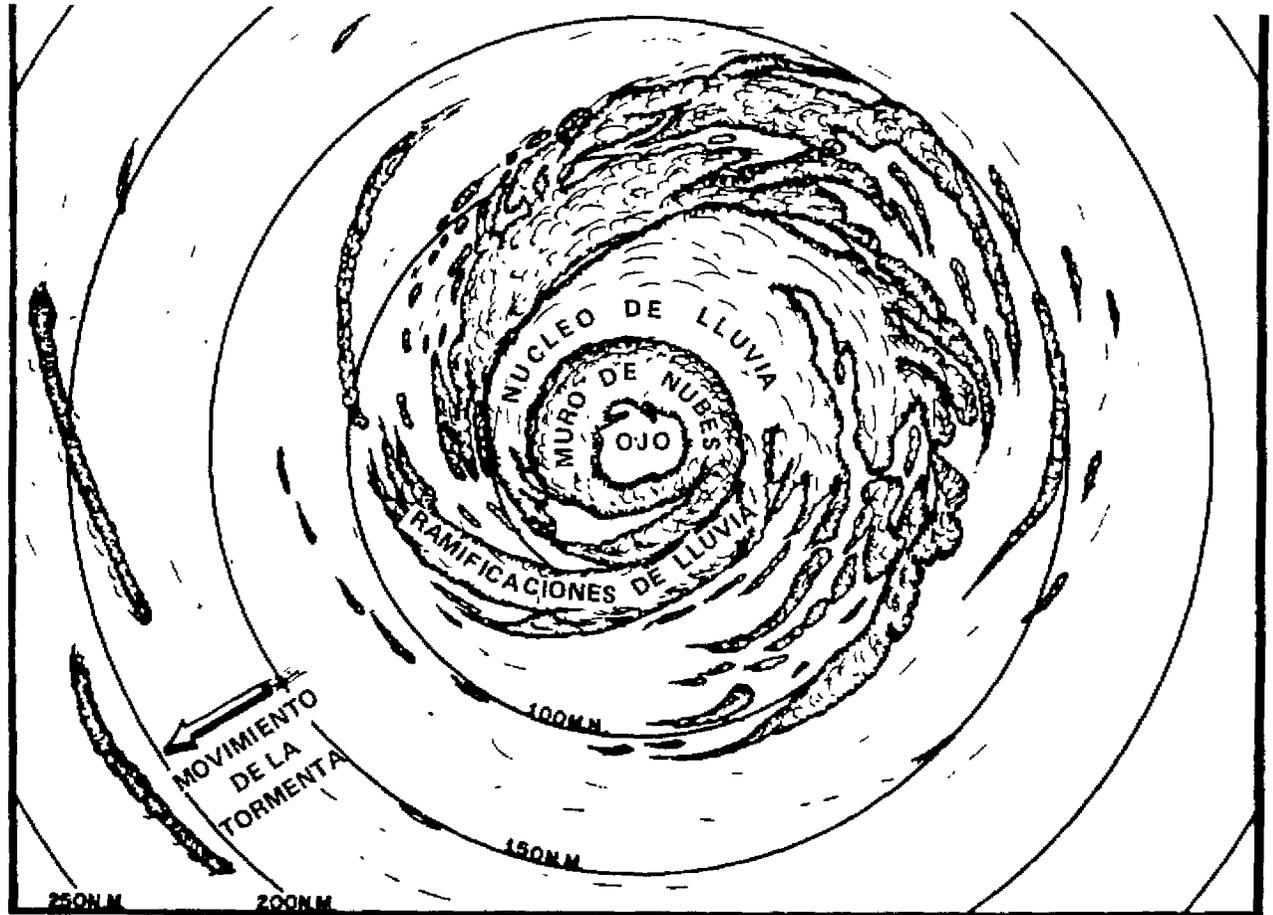


Figura 3 - Diagrama esquemático que indica las características más importantes de un ciclón tropical, tal como aparecen en una imagen de radar.

*c) Informes en vuelo procedentes de los aviones*

Los informes procedentes de los aviones comerciales o de otras aeronaves son siempre de gran utilidad, puesto que permiten obtener datos de zonas distantes de la red básica de observación, como por ejemplo los océanos. Cuando se sabe que existe un ciclón tropical, se exige la transmisión de los informes meteorológicos en vuelo por parte de cualquier avión que tenga que volar en las proximidades de la tormenta tropical.

*d) Informes de los aviones de reconocimiento*

Los aviones de reconocimiento de los Estados Unidos de América penetran en los huracanes en el Atlántico Norte y en los tifones en el Pacífico. Estos vuelos permiten obtener información meteorológica muy útil en la que se incluye la posición del centro, las características de la estructura de las nubes y de la distribución de temperaturas, viento y presión. Los informes de los aviones de reconocimiento, recibidos directamente de la región central de los huracanes y tifones, han sido de inmensa utilidad para fines de aviso. Se espera que los Estados Unidos continuarán manteniendo en funcionamiento estos vuelos y que se puedan tomar disposiciones para utilizar medios análogos en otras zonas en donde se producen ciclones tropicales, donde sean necesarios.

*Medios de telecomunicación*

Un Servicio Meteorológico Nacional requiere un complejo sistema de telecomunicaciones con objeto de poder reunir y retransmitir los datos obtenidos de la red nacional y también participar en el Sistema Mundial de

Telecomunicación, mediante el cual los datos procedentes de todos los países son facilitados a petición de cada una de las naciones. Las telecomunicaciones meteorológicas nacionales, en donde se incluyen las líneas terrestres y las emisiones de radio, deben trabajar a velocidades altas adecuadas y, además, deberán intercambiar datos en lenguaje claro, en forma numérica cifrada; también se harán cargo de la recepción y transmisión de mapas meteorológicos por facsímil y llevarán a cabo la intercepción, por los medios más eficaces, de las imágenes procedentes de los satélites meteorológicos.

El sistema de telecomunicación meteorológica dentro de cada país funciona las 24 horas del día y durante todo al año. Su seguridad es, por consiguiente, de la mayor importancia, y es evidente que debe continuar funcionando en las ocasiones más vitales desde el punto de vista nacional, así como cuando amenace un ciclón tropical o cuando ya un ciclón de esta clase afecta al país. El sistema debe ser potente y debe disponer de las adecuadas instalaciones alternativas de recambio.

#### *Métodos de predicción*

Durante los dos últimos decenios el alcance y flexibilidad de los métodos de predicción ha aumentado considerablemente como resultado de la introducción de potentes computadoras electrónicas que permiten la aplicación de métodos matemáticos, además de los procedimientos tradicionales que han sido creados y continuamente perfeccionados desde los primeros años de nuestro siglo.

Las técnicas de cálculo electrónico no han desplazado a los antiguos métodos y probablemente no lo harán nunca. Sin embargo, es lógico pensar que las computadoras han permitido ampliar enormemente la capacidad del equipo de predicción. La computadora permite disponer de un instrumento matemático de gran utilidad en la continua aplicación de las antiguas técnicas, en gran medida subjetivas, que todos los meteorólogos conocen. Aunque la utilización de las computadoras en meteorología aumenta cada día, hemos de aceptar que no todos los Servicios Meteorológicos Nacionales poseen estos medios electrónicos con una potencia adecuada para utilizarlos en la predicción operativa diaria. Cuando una computadora no está en uso, el Servicio correspondiente debe hacer lo necesario para interceptar la transmisión habitual por facsímil procedente del correspondiente Centro Meteorológico Regional o de un Centro Meteorológico Mundial que emita predicciones elaboradas por computadora de las condiciones prevalentes en la superficie y a distintos niveles de la atmósfera, con anticipación de 24, 48, ... horas. La recepción de estas transmisiones será de gran ayuda para los predictores. Esta información y asesoramiento debe interpretarse como un consejo y no deben disminuir en modo alguno la responsabilidad que tiene el predictor en su centro nacional.

La técnica habitual en una oficina de predicción consiste en la transcripción y análisis de los mapas sinópticos y diagramas aerológicos, seguida de la elaboración de mapas previstos que describen la situación futura de la atmósfera con anticipación de 12, 24, 36, ... horas. La eficacia y éxito de esta marcha de trabajo dependen de la disponibilidad de los datos básicos adecuados, como ya se ha explicado. Debemos insistir en que muchos, si no la mayoría, de los errores de predicción tienen su origen en la deficiencia de los datos básicos.

Utilizando las series de mapas reales y previstos, el servicio de predicción anticipa la evolución del ciclón tropical, así como la dirección y velocidad de su movimiento. El personal especializado elaborará entonces predicciones de los aspectos más importantes, tales como el viento, lluvia y mareas de tempestad y redacta los correspondientes boletines para ayudar a la predicción de las inundaciones.

La dificultad de predecir la trayectoria de un ciclón tropical queda ilustrada en la Figura 4, en la que se muestra la variedad de trayectorias que adoptan los ciclones tropicales en el Mar de China y en el Pacífico occidental durante 5 días (del 14 al 18) del mes de agosto, durante el período de 24 años que va de 1947 a 1970. La simple inspección de la figura basta para demostrar que el predictor tiene que hacer frente a importantes problemas cuando evalúa el movimiento y desarrollo de un ciclón tropical. En el hemisferio norte, aunque el movimiento de los ciclones tropicales en sus primeros días tiene una componente casi siempre, aunque no indefectiblemente, hacia el oeste, más tarde la trayectoria de la tormenta tropical puede curvarse y desplazarse hacia el este, describiendo en ocasiones una trayectoria cerrada.

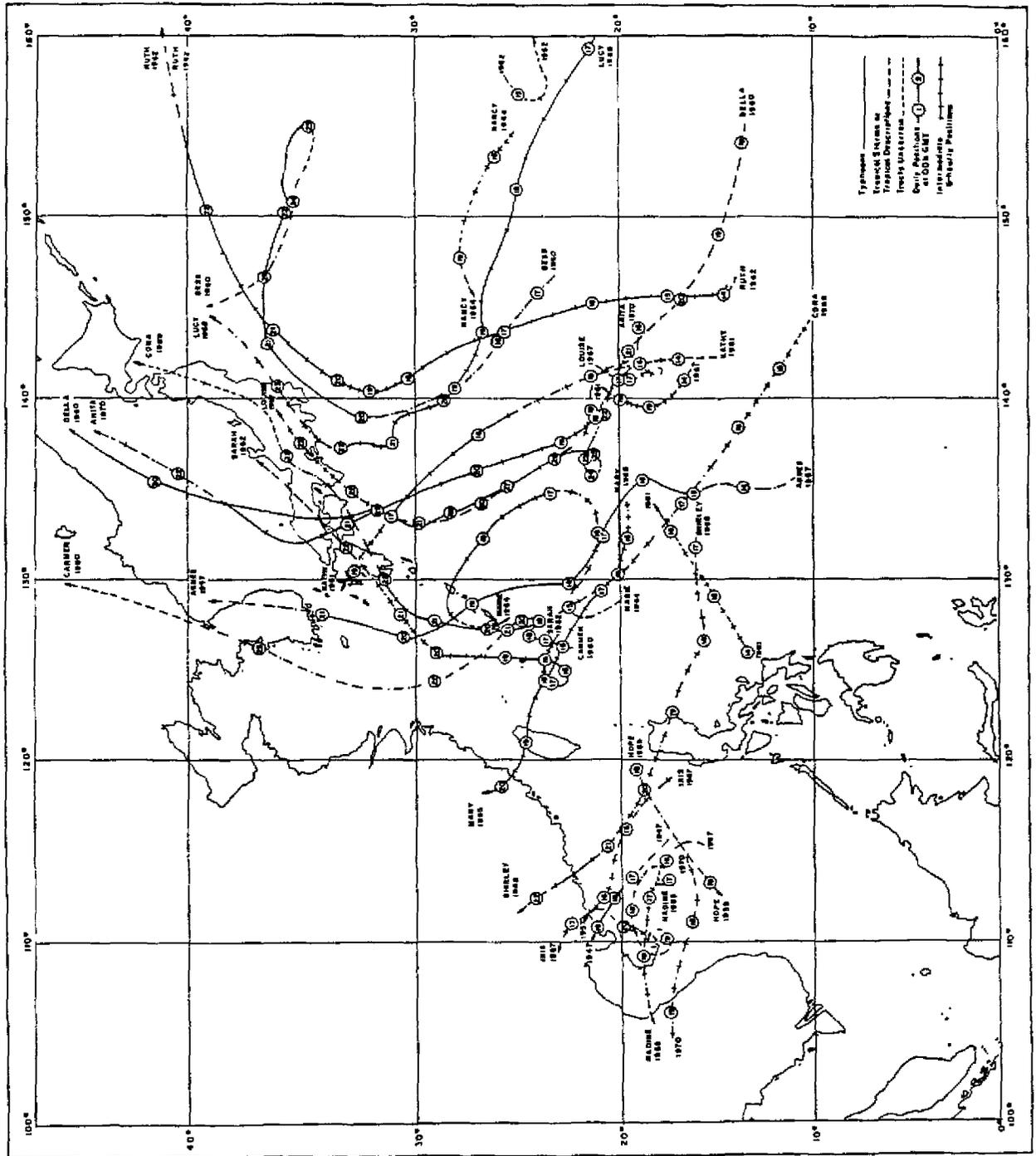


Figura 4 - Ciclones tropicales en los mares de China y Pacífico Occidental. Trayectorias cada cinco días de 1947 a 1970, los días 14-18 de agosto.

### **Avisos de ciclón tropical**

El Servicio Meteorológico desempeña una función crucial dentro del programa de prevención y protección contra los desastres naturales causados por los ciclones tropicales. Los avisos de alerta dirigidos a la comunidad y a sus autoridades responsables deben comenzar, al menos con carácter provisional, tan pronto como se conozca la existencia de un ciclón tropical en los mares que circundan al país. La pronta notificación que el meteorólogo dé de la existencia y posible aproximación de un ciclón tropical ayudará a otros sectores de la organización de urgencia a estar plenamente dispuestos a actuar en tiempo oportuno para que pueda realizarse toda la preparación y tareas que les incumben. Se debe considerar que la inclusión de un aviso de ciclón tropical constituye el elemento que motiva el comienzo de todas las medidas de precaución y emergencia.

La organización y procedimientos técnicos del servicio de predicción deben poder adaptarse a la situación particular de cada ciclón tropical, ya que en dicho momento se deben dedicar plenamente todos los esfuerzos científicos y técnicos al logro de facilitar al país el mejor servicio posible, en apoyo de las actividades de prevención y protección contra los desastres naturales. La eficacia del Servicio Meteorológico es de la mayor importancia, ya que los usuarios de las predicciones y avisos de un ciclón tropical tendrán que adoptar decisiones importantísimas fundadas en datos de la mayor confianza. Para organizar el servicio de avisos de ciclones tropicales se deben discutir con mucha anticipación todos los detalles, de modo que para cada clase de usuario se pueda elaborar un esquema que indique lo que el Servicio Meteorológico pretende hacer y lo que el usuario recibirá, en lo que respecta a predicciones y avisos, cuando se produzcan determinadas condiciones establecidas o cuando parezca que van a producirse.

Un elemento esencial del servicio de aviso es que exista la certeza de que dichos avisos lleguen a sus destinatarios con rapidez y sin posibilidad de errores en la dirección. Los servicios de comunicaciones de apoyo, incluidas las instalaciones de reserva, deben por lo tanto ser programados y ejecutados con todo detalle. Se debe aprovechar cualquier oportunidad, por ejemplo durante los ejercicios, para verificar la eficacia e idoneidad del servicio de avisos.

También es esencial que las autoridades y personas responsables que reciban los avisos de ciclones tropicales sepan claramente qué medidas subsiguientes han de adoptar tan pronto como reciban dichos avisos. El mismo aviso debe constituir la señal para comenzar a realizar todas las operaciones previstas de antemano. Esto desde luego constituirá la primera serie de medidas ejecutivas que las autoridades responsables pondrán en aplicación. Los avisos meteorológicos, además de dar información precisa sobre el mismo ciclón tropical y los vientos y lluvias que se esperan, pueden también servir como aviso preliminar de inundaciones y mareas de tempestad. Dichos avisos preliminares deberán ser confirmados o enmendados en el momento oportuno por el Servicio Hidrológico cuando se trate de difundir un aviso de inundación, o por el centro de predicción, junto con los hidrógrafos, cuando se trate de difundir un aviso de marea de tempestad.

Toda la organización de las actividades de prevención y protección contra los desastres naturales es en realidad compleja y subdividida en numerosas facetas. En toda esta organización el asesoramiento meteorológico desempeñará una función muy significativa. Los predictores deben, pues, tratar de familiarizarse lo más posible con esta organización para poder apreciar la aplicación de sus predicciones, avisos y boletines en todas las fases de la existencia de un ciclón tropical. Podemos decir que a los servicios hidrográficos e hidrológicos se les exige el mismo comportamiento, responsabilidad y celo que al Servicio Meteorológico.

### **Modificación artificial de los ciclones tropicales**

Es inevitable que se dediquen numerosos estudios científicos y recursos a la posibilidad de reducir, incluso aunque sea un poco, el poder destructivo de los ciclones tropicales. Una eficaz organización de prevención y protección contra los desastres naturales, incluida la construcción de edificios que puedan resistir a casi todos estos

fenómenos, excepto quizá los más intensos, puede hacer mucho para limitar los efectos de dichos fenómenos. Sin embargo, se conseguiría mucho, en lo que respecta a la reducción de los daños causados, si se pudiera debilitar un ciclón tropical antes de que llegue a tierra.

Cualquier posibilidad de modificar un ciclón tropical debe dedicarse principalmente a una u otra de las dos fuentes de energía siguientes:

- a) el calor de la capa superior del mar cálido que pueda ser transferido por evaporación de humedad a la capa inferior de la atmósfera;
- b) el calor liberado por condensación en las fuertes corrientes de convección que se producen dentro de la circulación que se crea alrededor del ojo de la tormenta.

Un ciclón tropical se forma dentro de una zona oceánica donde el mar está relativamente mucho más caliente que la capa de aire adyacente. No parece posible impedir el proceso de evaporación que allí tiene lugar. Se han expuesto numerosas ideas pero todo el mundo acepta que cualquier dispositivo que se pretenda aplicar a impedir la evaporación podría ser eficaz durante corto tiempo, pero después quedaría destruido por el viento, las olas y el mar de fondo.

Por consiguiente, la modificación artificial de un ciclón tropical queda reducida a la siguiente pregunta: ¿Se pueden controlar o reducir los procesos de condensación que tienen lugar en las corrientes convectivas de un ciclón tropical, con el fin de disminuir la intensidad de este fenómeno? Se ha tratado de hallar respuesta a esta pregunta mediante un experimento que realizan los Estados Unidos de América desde 1960 y que se denomina proyecto STORMFURY. Las nubes situadas exactamente dentro y en los alrededores del muro de nubes son sembradas intensamente con núcleos de congelación, que habitualmente son cristales de cloruro de plata. El efecto que se pretende conseguir es ampliar al anillo del muro de nubes, y ocasionalmente el de vientos máximos, de modo que la energía total del ciclón tropical quede distribuida dentro de un volumen mayor de atmósfera, produciendo así una reducción de la velocidad máxima del viento.

El método seguido en el proyecto STORMFURY está apoyado por consideraciones teóricas. Las limitadas pruebas realizadas sobre el terreno, con respecto a los huracanes que se aproximan a los Estados Unidos de América, han demostrado la posibilidad de que la eficaz aplicación de núcleos de condensación reduzcan en un 15 por ciento la velocidad de los vientos más fuertes. No existe indicación alguna sobre si se produce algún efecto significativo en la cantidad de lluvia que cae en tierra. En realidad, la conveniencia de reducir la lluvia de los ciclones tropicales es una cuestión que no está muy clara, ya que la agricultura de muchos países depende del agua que aportan estos fenómenos.

Los países afectados por los ciclones tropicales deberán vigilar con considerable interés los resultados de los futuros experimentos efectuados dentro del proyecto STORMFURY y con huracanes reales, y quizá deban estar dispuestos a estudiar la posibilidad de realizar experimentos similares en las distintas zonas del mundo especificadas en la Tabla I.

Sin embargo, debemos insistir en que estos experimentos no dan indicio ni promesa alguna de que puedan algún día resultar innecesarios en servicios de prevención y protección contra los desastres naturales, ni tampoco de que se deje de conceder el mayor interés a los mismos. El satisfactorio resultado del proyecto STORMFURY podría contribuir a hacer menos formidable la tarea con que se enfrenta la organización de los servicios de seguridad, pero de todos modos el mejor medio para lograr la seguridad de la población y para reducir los daños causados por los ciclones tropicales continúa siendo un eficaz sistema de prevención y protección organizado con interés y cuidado por las autoridades responsables y que cuente con la confianza y apoyo de la población.