

# Ruta Villa Cisneros - Natal

## Condiciones meteorológicas para la travesía aérea a América del Sur

Por el Meteorólogo I. FONT TULLIOT

El recorrido aéreo de los 4.000 kilómetros que separan Villa Cisneros, en la costa del Africa Occidental española, de Natal, en la costa este del Brasil, abarca una amplia zona de enorme interés desde el punto de vista de la navegación meteorológica. En general, nuestro trayecto se puede dividir en tres partes: la primera corre por la región del alisio del NE.; la segunda, por la región ecuatorial de calmas o vientos variables, y la tercera, por la región del alisio del SE. La consideración de dicho sistema de vientos jugó un gran papel en la época de la navegación a vela, perdiendo gran parte de su importancia con la aparición del vapor; pero hoy en día, y en virtud del gran desarrollo que está tomando la navegación aérea, vuelve a la actualidad dicha circulación atmosférica, cuya consideración se hace más complicada, pues en este caso hay que tener en cuenta la tercera coordenada: la altura. A continuación intentaremos poner de manifiesto del modo más claro posible las características fundamentales del tiempo atmosférico y de las corrientes de aire en nuestra ruta aérea; pero para su mejor comprensión creemos con-

veniente exponer previamente algunas consideraciones generales.

El examen de los mapas del tiempo muestra claramente la presencia en ambos hemisferios de una región subtropical de altas presiones, siendo conocida la nórdica como "anticiclón de las Azores". La situación media del eje de dichas fajas de altas presiones se encuentra en el paralelo 30° N. y S. Entre ambas regiones se extiende el anillo ecuatorial de bajas presiones. Respecto a la situación de este anillo, es digno de observar que no coincide precisamente con el ecuador, sino que durante todo el año se encuentra al norte del ecuador, extendiéndose desde el Africa Occidental hacia el Brasil en la dirección ENE-WSW. Desde las fajas subtropicales de altas presiones soplan los alisios hacia la región ecuatorial de bajas presiones, como vientos del NE. en el hemisferio norte y del SE. en el hemisferio sur. Estos vientos representan la circulación del aire en los lados oriental y ecuatorial de los grandes anticiclones oceánicos permanentes. En la zona ecuatorial de bajas presiones reinan vientos muy variables, en ge-

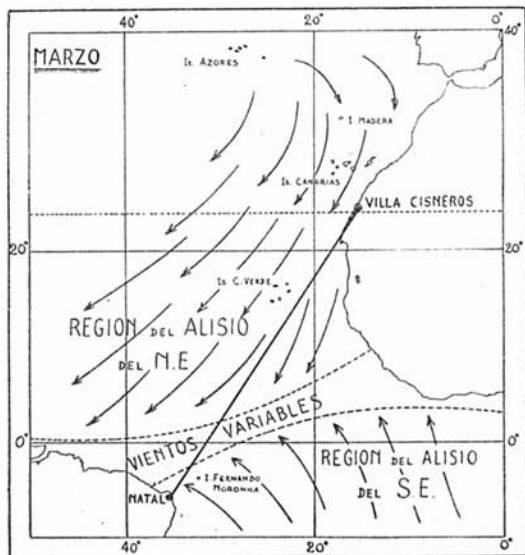


FIG. 1.—Vientos superficiales en marzo.

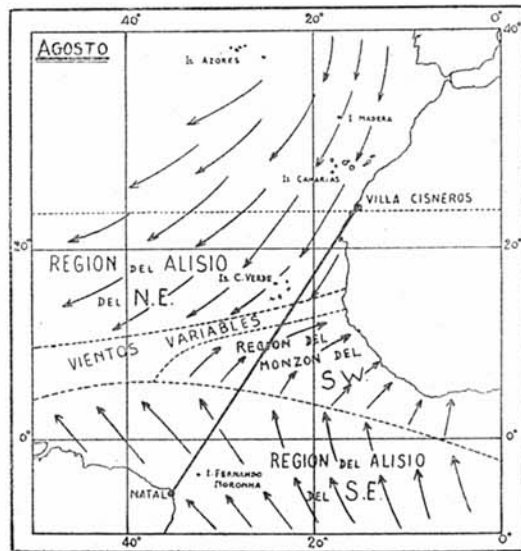


FIG. 2.—Vientos superficiales en agosto.

neral flojos, pero que ocasionalmente pueden llegar a ser fuertes. Las zonas de los alisios, junto con el cinturón ecuatorial de vientos variables, se trasladan, de modo pendular, hacia el Norte y hacia el Sur, siguiendo los cambios estacionales de la declinación solar, pero con considerable retraso. Así, por término medio, el eje del cinturón ecuatorial de calmas muestra su posición más meridional en marzo (fig. 1), y en agosto su posición más septentrional (fig. 2). En verano, a los tres miembros nombrados del sistema de vientos (alisio del NE., vientos variables de la zona ecuatorial y alisio del SE.) hay que añadir un cuarto: el monzón del SW. Su presencia se debe al efecto de la depresión del Africa del Norte, formada en verano por el gran calentamiento del continente; como puede verse en la figura 2, el alisio del SE. es desviado más y más hacia la derecha, hasta que se introduce en la costa de Africa como viento del SW., e incluso del W.

En lo referente a nuestra ruta, esta oscilación anual del gran sistema de vientos tiene gran importancia, pues da lugar a que las características generales del tiempo atmosférico y del régimen de vientos varíen notablemente de un mes a otro.

**Evolución anual del sistema de vientos en la ruta aérea Villa Cisneros-Natal.**

Para poner de manifiesto cómo evoluciona durante el año, en nuestra ruta, el sistema de vientos mencionado, hemos diseñado un diagrama (fig. 3) en el cual, mediante isopletas mensuales, quedan fijados los límites de los cuatro miembros del sistema a lo largo del trayecto aéreo Villa Cisneros-Natal. En el eje horizontal del diagrama tenemos los doce meses del año, y en el vertical figuran dos escalas, una en grados de latitud y otra en kilómetros. Así, puede verse inmediatamente qué tramos del trayecto corresponden, para cada mes, a los distintos miembros del sistema de vientos, y aquellas latitudes de nuestro recorrido a que se encuentran los límites de separación de dichos miembros. Por ejemplo, en marzo los primeros 2.850 kilómetros del recorrido tienen lugar en la región del alisio del NE.; a los 2° de latitud N. penetramos en la región ecuatorial, de vientos variables, en la que se realizan unos 600 kilómetros del trayecto; a los 2° 30' S. nos encontramos con el límite de los alisios del SE., sobre cuya región se efectúan los últimos 500 kilómetros de la travesía. De nuestro diagrama se despren-

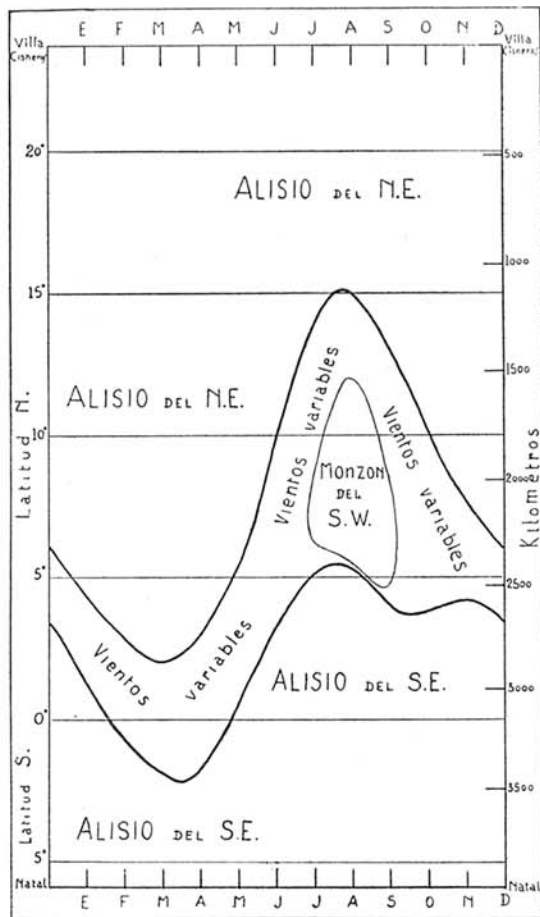


FIG. 3.—Evolución anual del sistema de vientos en la ruta Villa Cisneros-Natal.

den notables resultados; así vemos cómo la región del monzón del SW. sólo la encontramos en pleno verano; cómo la parte del trayecto sobre la región del alisio del NE., siendo máxima en marzo, se acorta rápidamente durante el transcurso del año, para llegar a un mínimo en agosto, y cómo aquella parte del recorrido intermedia de los alisios (es decir, la que tiene lugar sobre la región de vientos variables y, en verano, también sobre la del monzón del SW.) varía considerablemente de un mes a otro, siendo en verano mucho más larga que en invierno. Precisamente dicha parte intermedia es la que presenta las condiciones meteorológicas más desfavorables para el vuelo.

Hay que tener en cuenta que los límites del diagrama corresponden solamente a *situaciones medias*, alrededor de las cuales los *límites reales* pueden variar mucho de un día a otro, e incluso en invierno puede darse el caso de que no

aparezca el alisio en todo el trayecto. Es decir, para un vuelo determinado no hay que esperar siempre una distribución exacta a la mostrada por el diagrama. No obstante, las situaciones reales *más frecuentes* no difieren mucho de las *situaciones medias*.

La consideración de los cuatro miembros mencionados del sistema de vientos no debe limitarse únicamente a dicho elemento meteorológico, ya que en cada uno de ellos el tiempo atmosférico presenta características propias. Por tanto, las zonas abarcadas por dichos miembros constituyen cuatro, o al menos tres, zonas meteorológicas bien definidas. En este sentido nuestro diagrama aumenta de interés al poner de manifiesto cómo evolucionan las características generales del tiempo, durante el transcurso del año, en nuestra ruta. A continuación analizaremos cada una de las cuatro zonas, fijándonos primeramente en los vientos superiores, ya que los que figuran en el diagrama se refieren a la superficie.

#### Vientos superiores en la ruta.

*Región del alisio del NE.*—En general, los vientos del NE. quedan limitados a una capa superficial de 1 a 2 kilómetros de espesor, sobre la cual predominan vientos con componente W. Ahora bien: aunque el punto de partida de la ruta (Villa Cisneros) quede durante todo el año dentro de la región del alisio del NE., existe una importante variación anual, ya que en verano Villa Cisneros se encuentra en el centro de dicha zona, mientras que en invierno se halla muy cerca del límite septentrional de la misma. Debido a ello, la distribución de los vientos con la altura varía de una estación a otra. En verano, sobre la capa del alisio del NE. (cuyo límite superior está a unos 2.000 metros al principio de la ruta, y algo más alto a continuación) se tiene una capa de vientos más irregulares que el alisio, pero con una marcada componente del W., dominando a partir de los 4.000 metros vientos del sector SW. (el contra-alisio). En invierno, al principio de la ruta, el alisio sólo llega a unos 1.000 metros, predominando a alturas superiores vientos de componente W.; a latitudes más bajas se presenta una distribución parecida a la descrita para el verano, pero estando el contra-alisio mucho peor definido, ya que en realidad este viento representa la circulación en el lado occidental del anticiclón, que en verano aparece muy marcado, a partir de los 4.000 metros, sobre la región noroccidental del continente africano.

Respecto a la velocidad del viento, la del alisio es de 4 a 10 m/s., aunque cerca de la costa africana alcanza valores superiores, debido al refuerzo de la brisa. Las velocidades de los vientos superiores son aproximadamente del mismo orden, aunque a medida que disminuye la latitud tienden a ser algo más flojos. En invierno, en la primera parte de la ruta, por encima de los 4.000 metros, predominan vientos de 8 a 12 m/s.

*Región ecuatorial de vientos variables.*—Sobre la capa superficial de vientos variables, y corrientemente flojos, de unos 500 metros de espesor, predominan durante todo el año vientos del sector Este, con velocidades de 4 a 8 m/s., que en verano llegan a ser más flojos, de 2 a 4 m/s. El espesor de la capa de vientos del E. varía según la época del año, siendo mayor en verano que en invierno. En esta última estación, por encima de los 4.000 metros, los vientos dominantes soplan del sector occidental.

*Región del monzón del SW.*—Este viento queda limitado a una capa superficial de sólo unos 500 metros de espesor, siendo su velocidad de 3 a 7 m/s.; por encima del monzón predominan vientos flojos del sector E.

*Región del alisio del SE.*—Los alisios del SE. o del ESE. dominan hasta 2.000 metros o más de altura durante todo el año, siendo su velocidad de 6 a 10 m/s., pero son más irregulares que los alisios del NE. Durante el verano austral (principalmente en enero), en la última parte de nuestro trayecto, es decir, en la costa este del Brasil, y debido al flujo monzónico hacia el interior caldeado, el alisio del SE. es muy desviado, soplando del E. e incluso del NE. A alturas superiores a las del alisio no disponemos de suficiente información, pero algunos autores aseguran la presencia de vientos dominantes del sector NE-NW.

#### Características del tiempo.

*Región del alisio del NE.*—El tiempo sobre la región del alisio es normalmente bueno y estable, y los vientos son de estructura laminar, no habiendo corrientes ascendentes ni grandes turbulencias. Las nubes son estratiformes, con ligeras protuberancias cumuliformes. La nubosidad media es inferior a 5 décimas de cielo cubierto. Las lluvias son muy escasas. Durante la estación invernal pueden formarse inestabilidades, poco importantes, debido a irrupciones de masas de aire procedentes de altas latitudes, que incluso llegan a alcanzar las islas de Cabo Ver-

de. El límite superior de las nubes se encuentra a unos 1.500 metros, sobre las cuales aparece la notable y característica inversión de temperatura. La visibilidad es óptima, siempre y cuando no esté la atmósfera enturbada por polvo de origen africano.

El polvo atmosférico es el único inconveniente para la navegación aérea que ocasiona a veces presenta la región del alisio del NE. Con respecto a nuestro trayecto, la zona enturbada por dicho elemento puede alcanzar hasta la latitud de 10°. En la primera parte del recorrido, la presencia del polvo tiene lugar cuando soplan vientos del Sáhara, los cuales son poco frecuentes. A partir de los 20° de latitud (en nuestra ruta) entra en acción un nuevo y más importante agente enturbador, el "harmattan". Este viento africano, del NE. o del E., se carga considerablemente de masas de polvo procedentes de las regiones desérticas y esteparias del continente, conduciéndolas mar adentro hasta la longitud de 30° W. Este fenómeno llega a ser característico, en los meses de invierno y primavera, de la región oceánica al sur de Cabo Verde y oeste de la costa africana. Ocasionalmente las cantidades de polvo son tan grandes, que se llega a una verdadera *precipitación de polvo*. Pero ya en los casos corrientes el enturbamiento del "harmattan" da lugar a un considerable empeoramiento de la visibilidad, la que frecuentemente llega a ser de sólo 1 a 3 kilómetros. Estas masas de polvo pueden alcanzar considerables alturas.

*Regiones de las calmas ecuatoriales y del monzón del SW.*—Hemos agrupado estas dos regiones en una sola, por presentar análogas características generales. Entre éstas destacan las grandes e intensas lluvias, debido a lo cual ambas zonas pueden denominarse conjuntamente "región de las lluvias ecuatoriales".

Las masas de aire húmedo e inestable del cinturón de vientos variables y del monzón SW, producen extensos fenómenos de condensación, que se manifiestan en fuerte nubosidad y copiosas lluvias. Sobre dichas regiones se yerguen poderosas e imponentes masas de nubes cumuliformes en forma de gigantes torres (grandes Cu y Cnb), sobre las cuales se dispersan bancos de ACu y nubes altas (Ci y CSt). El límite superior de estas masas nubosas de gran desarrollo vertical normalmente alcanza los siete kilómetros de altura, y ocasionalmente sobrepasa los 10 kilómetros. La característica principal de las lluvias es su intensidad, pero normalmente en

forma de chubascos bien delimitados. También se presentan extensas regiones de lluvias cerradas, de diámetros superiores a 50 kilómetros. Ocasionalmente, en el límite de separación de la región del alisio y de la de lluvia ecuatoriales, tienen lugar líneas de turbonada bien definida, que también pueden presentarse en el seno de la misma región de vientos variables. Tanto la presencia de las nubes cumuliformes descritas, como las líneas de turbonada, constituyen pruebas eficientes de la existencia de grandes corrientes ascendentes. También en esta región ecuatorial, en ocasiones, se han observado grandes trombas de agua cogantes de las nubes. En aquellas partes donde las lluvias son más intensas, la visibilidad puede quedar reducida a sólo unas pocas decenas de metros. En las partes intermedias a las de lluvia, la visibilidad acostumbra a ser muy buena. Para darse una idea de la intensidad de los chubascos, basta con decir que se han registrado precipitaciones del orden de 50 litros por metro cuadrado en intervalos de unas cinco horas.

Frecuentemente las lluvias ecuatoriales van acompañadas de tormentas, con las correspondientes descargas eléctricas. De las observaciones de tormentas efectuadas en barcos se deduce que su frecuencia es máxima en los meses de octubre a abril, llegando al 25 por 100 del número total de observaciones. De julio a septiembre la frecuencia es mucho menor: del 4 al 8 por 100.

Lo que hemos visto justifica la denominación de *pozo negro* dada por los aviadores a esta región meteorológica, la que con mucha frecuencia presenta condiciones verdaderamente molestas para el vuelo. Por consiguiente, interesa que nos volvamos a fijar en nuestro diagrama (fig. 3), para ver cómo varía durante el año la posición y amplitud del *pozo negro*. Del diagrama obtenemos los siguientes valores en kilómetros de las longitudes de la parte de nuestro recorrido que tienen lugar por dicha región meteorológica, correspondientes a cada mes:

Enero, 400; febrero, 500; marzo, 600; abril, 600; mayo, 600; junio, 800; julio, 1.200; agosto, 1.300; septiembre, 1.200; octubre, 800; noviembre, 500, y diciembre, 400.

Por consiguiente, en pleno verano es cuando las condiciones meteorológicas de nuestra ruta son más desfavorables, debido a que casi una tercera parte del recorrido tiene lugar por la zona de las grandes lluvias ecuatoriales.

*Región del alisio del SE.*—En esta zona de nuestro trayecto aéreo, en general, las condiciones no son tan estables como en la del alisio del NE.; pero sobre ella tiene la ventaja de no presentar enturbiamientos debidos al polvo atmosférico. En una zona bastante amplia, lindante a la región de lluvias ecuatoriales descrita, el tiempo sigue siendo lluvioso (totales anuales superiores a 1.000 mm.); por consiguiente, y de acuerdo con nuestro diagrama, la última parte del recorrido puede presentar condiciones desfavorables de febrero a junio, con intensas lluvias. En la costa del Brasil, final de la travesía atlántica, las lluvias son aún más intensas debido al efecto orográfico (vientos húmedos del Este soplando contra tierras montañosas), prolongándose la estación de las lluvias hasta agosto inclusive.

#### Ventajas, bajo el aspecto meteorológico, de la ruta Villa Cisneros-Natal sobre la ruta Dakar-Natal.

Antes de que los aviones comerciales españoles establecieran el salto Villa Cisneros-Natal, en su línea a América del Sur, la travesía del Atlántico se efectuaba, generalmente, desde Dakar o Bathurs. Naturalmente, la travesía Dakar-Natal presenta sobre la nuestra la ventaja de ser unos 1.100 kilómetros más corta. En cambio, desde el punto de vista meteorológico, las condiciones son más desfavorables por las siguientes razones:

a) Como hemos visto antes, en nuestra ruta solamente en los tres meses de julio a septiembre tienen lugar recorridos superiores a 1.000 kilómetros por la región de las grandes lluvias ecuatoriales, mientras que en la ruta Dakar-Natal estos recorridos pueden presentarse en siete meses: de abril a octubre.

b) Las condiciones meteorológicas de nuestro aeropuerto de partida son mejores que las de Dakar, por donde pasa en verano el límite septentrional de la región de las lluvias ecuatoriales; además, tanto la región costera del Senegal y de la Gambia Británica, como la región oceánica inmediata, están sometidas a los "tornados", los cuales dan al tiempo un carácter que puede llegar a ser francamente desagradable para el vuelo en la región inicial del recorrido.

#### Importancia de la navegación aérea meteorológica en nuestra ruta.

El disponer de una buena información meteorológica es fundamental para la mejor realización de nuestro recorrido aéreo. Frecuentemente

la distribución de vientos con la altura es tal, que permite elegir, tanto en el viaje de ida como en el de vuelta, alturas de vuelo donde los vientos sean favorables, lo cual normalmente supone reducir la duración del vuelo en una o dos horas (para aviones con velocidades de 300 a 350 kilómetros por hora), y en situaciones especiales esta reducción puede ser bastante mayor.

También debe conocerse del mejor modo posible la extensión de las capas de aire cargadas con polvo africano, ya que la cantidad de polvo puede llegar a ser tan elevada, que influya en la marcha de los motores. En estos casos hay que evitar en lo posible el navegar por dichas capas, que a veces se presenta en la región del alisio del NE.

Como ya hemos visto, la región que presenta mayores dificultades para la navegación aérea es la de las lluvias ecuatoriales. A veces será posible contornear las grandes masas de nubes tormentosas; pero habrá otras en que sea inevitable el tenerlas que atravesar, pues de lo contrario la ruta se convertiría en un laberinto, no siendo posible el sobrevolarlas debido a su gran desarrollo vertical. Precisamente, en la actualidad se están llevando a cabo observaciones de todo género, por los meteorólogos norteamericanos, con el fin de llegar al conocimiento exacto de la multitud de fenómenos que tienen lugar en el seno de dichas nubes, y ver de resolver el problema de meteorología aeronáutica que presenta la navegación en su interior, con miras a que ésta se realice del modo más seguro posible.

Ahora bien, la actividad de estas masas nubosas presenta una notable *evolución diurna*, de forma que tanto las lluvias más intensas y más frecuentes, como las tormentas que generalmente las acompañan, tienen lugar, en el intervalo del día, desde las dos a las diez horas. Por tanto, es de gran interés práctico el planear el vuelo de forma que *la travesía del cinturón de lluvias ecuatoriales no se efectúe desde después de medianoche hasta antes del mediodía*. Por consiguiente, la parte del día más favorable para emprender el vuelo, en los aeropuertos terminales, variará de un mes a otro. En el cuadro siguiente tenemos dichas partes del día en horas T. M. G. para Villa Cisneros y Natal (velocidad de crucero de 300 a 350 kms/h.).

Villa Cisneros: Enero, de las cinco a las dieciocho; febrero, de las cinco a las diecisiete; marzo, de las cinco a las dieciséis; abril, de las cinco a las dieciséis; mayo, de las seis a las diecisiete; junio, de las ocho a las die-

cinco; julio, de las nueve a las diecinueve; agosto, de las diez a las diecinueve; septiembre, de las nueve a las diecinueve; octubre, de las ocho a las diecinueve; noviembre, de las siete a las diecinueve, y diciembre, de las seis a las diecinueve.

Natal: De las once a las veintitrés; febrero, de las once a las veintitrés; marzo, de las doce a las veintitrés; abril, de las doce a las veintitrés; mayo, de las once a las veintidós; junio, de las diez a las veinte; julio, de las nueve a las diecinueve; agosto, de las nueve a las dieciocho; septiembre, de las nueve a las diecinueve; octubre, de las nueve a las veinte; noviembre, de las nueve a las veintiuna, y diciembre, de las nueve a las veintidós.

#### El servicio meteorológico en la travesía aérea a América del Sur.

De lo anterior deducimos que *en las zonas tropicales y ecuatorial el servicio diario meteorológico es tan necesario como en la zona templada para la buena ejecución del vuelo.*

Por consiguiente, un buen servicio de información y predicción del tiempo requiere tantos elementos como en la zona templada. Respecto a la información, en primer lugar hay que contar con la que den los centros meteorológicos de las regiones terminales de la ruta, siendo muy importantes las observaciones de las islas de Cabo Verde y de Fernando Noronha. Naturalmente, los datos de los barcos en altamar son de un interés extraordinario; pero donde se presentan las mayores dificultades es en la cuestión de la observación de vientos superiores mediante globos pilotos. Antes de la guerra los alemanes habían establecido, tanto para la protección de la línea de la Luft-Hansa, Bathurst-Fernando Noronha, como para la investigación científica, una importante estación de sondeos en el buque catapulta "Westfalen", estacionado en la región media de dicha ruta, y además se efectuaban sondeos regulares en buques mercantes alemanes que prestaban servicio en la línea marítima a América del Sur, estando controladas todas estas actividades por el Observa-

torio Marítimo Alemán, de Hamburgo, que desempeñó un papel brillantísimo en el estudio de la meteorología de estas regiones oceánicas. Dado el gran número de buques que efectúan servicios regulares entre Europa y Sudamérica, sería factible establecer una adecuada red de observaciones meteorológicas de gran utilidad para la navegación aérea.

Respecto a la predicción del tiempo, hay que tener en cuenta que su desarrollo en las regiones tropicales y ecuatorial está muy influenciado por la situación en zonas de latitudes muy superiores. La extensión y fuerza del alisio y del monzón dependen muy especialmente del estado general del tiempo en el Atlántico Norte y Sur y sobre los continentes que le rodean. La situación, extensión y actividad de la región ecuatorial de lluvias están íntimamente relacionadas con las características físicas de las masas de aire que fluyen hacia dicha región, es decir, los alisios del NE. y del SE. Todo lo expuesto impone la existencia de un servicio meteorológico adecuado, con la correspondiente recopilación de datos y el dibujo de los mapas diarios.

El estudio de la meteorología de estas regiones oceánicas ha de ofrecer un indudable interés para España, tanto en sentido práctico como científico. Por lo pronto, el Ministerio del Aire no ha escatimado medios en las importantes obras de reforma y ampliación que se están llevando a cabo en el Observatorio de Izaña, situado en las cumbres de la isla de Tenerife, a 2.367 metros de altura. La importancia de sus observaciones en la circulación del alisio ha sido puesta de manifiesto, en varios trabajos, por el célebre meteorólogo Von Ficker, quien en cierto modo considera a dicha estación meteorológica como comprobatoria de sus teorías. Una vez terminada la actual reforma e iniciado el nuevo plan de trabajo, confiamos que tan importante cuestión como la circulación atmosférica entre los subtrópicos y la región ecuatorial figure con la debida amplitud en dicho plan, lo cual, en su día, podría convertirle en Observatorio Meteorológico del Atlántico, del Servicio Meteorológico Nacional.