

III CONFERENCIA TÉCNICA SOBRE HURACANES Y METEOROLOGÍA TROPICAL TECHNICAL CONFERENCE ON HURRICANES AND TROPICAL METEOROLOGY

México, D. F., Jun. 6-12, 1963

IA. SESIÓN

1ST. SESSION

CONFIGURACIONES A GRAN ESCALA DEL FLUJO EN LOS TRÓPICOS LARGE-SCALE FLOW PATTERNS IN THE TROPICS

"LA CONVERGENCIA INTERTROPICAL" REVELADA POR LOS SATELITES METEOROLOGICOS TIROS

H. M. JOHNSON *

Numerosas, notables y con frecuencia altamente reveladoras observaciones de gran altura realizadas con mucho éxito en los últimos tres años por los satélites meteorológicos TIROS, han hecho posibles amplios y significativos adelantos en el campo de la meteorología tropical. Se ha avanzado en el mejor entendimiento de la incidencia, estructura, desarrollo y aún la dinámica de huracanes y tifones y sus etapas iniciales se han conocido rápidamente (Dunn, C. E. *et al.*, 1963; Fett, R. W., 1963 a y b; Fritz, S., 1962 y Sadler, J. C., 1963). Es bien sabido el notable éxito de los satélites al descubrir tales sistemas tropicales y seguirlos a lo largo de sus cambios en el tiempo, pero se conoce menos el real acierto de esos satélites al descubrir y seguir los cambios en tiempo y proporcionar información fundamental sobre la estructura y dinámica de otros sistemas tropicales, especialmente aquellos relacionados con lo que se llama comúnmente "la CIT". La "CIT"¹, que es todavía una entidad en controversia, ha sido observada frecuentemente y bien por los satélites TIROS.

En este trabajo se presentan muchas conclusiones y generalizaciones basadas primordialmente en información que han proveído los satélites TIROS. También se utilizó, cuando estaba disponible, información suplementaria en el estudio que llevó a esos resultados incluyéndose datos sinópticos convencionales y otros que se obtuvieron durante

* Laboratorio de Satélites Meteorológicos, U. S. Weather Bureau, Suitland, Md.

¹ Este término, entre comillas, se usa aquí en sentido restringido refiriéndose al fenómeno presente en la atmósfera real, observado, entendido o no. Por ello no es sinónimo del término —la CIT— como generalmente se usa o se encuentra en la literatura y no se refiere a ningún concepto o modelo anterior. Al contrario, se refiere al suceso atmosférico real de tal concepto o modelo, usándose a falta de mejor término como designación simbólica transicional para mantener una relación con la previa terminología más conocida. Se necesita un nuevo término más realista.

"THE INTERTROPICAL CONVERGENCE" AS REVEALED BY THE TIROS WEATHER SATELLITES

H. M. JOHNSON *

The numerous, remarkable, often highly revealing, high altitude observations obtained during the past three years by the very successful TIROS weather satellites have made possible a number of significant advances in the field of tropical meteorology. Gains which have been made toward an improved understanding of occurrence, structure, development, and even dynamics of hurricanes and typhoons and their early stages are rapidly becoming known (Dunn, C. E. *et al.*, 1963; Fett, R. W., 1963 a and b; Fritz, S., 1962 and Sadler, J. C., 1963). The notable success of the satellites in detecting such tropical systems, and in following them and their changes through time, has become relatively well known. Less well known is the real success of these satellites in detecting, following time changes of, and providing fundamental information on the structure and dynamics of certain other tropical systems, notably those associated with what is commonly called "the ITC". "The ITC",¹ which is still a controversial entity, has been observed frequently and well by the TIROS satellites.

This report presents several conclusions and generalizations which are based primarily upon the information provided by the TIROS satellites. In the study which led to these results supplementary information has also been utilized, when available, and includes conventional synoptic data and data obtained on several special well-instrumented re-

* Meteorological Satellite Laboratory, U. S. Weather Bureau, Suitland, Md.

¹ This term, as used with quotation marks, is used here in a restricted sense. It refers to the phenomena present in the real atmosphere whether observed or understood or not. Thus it is not synonymous with the term —the ITC— as usually used, or as generally used in the literature, and does not refer to any earlier concept or model. It refers, instead, to the real atmosphere counterparts of these concepts and models. It is used in the absence of a better term as a transitional symbolic designator and to maintain a relationship to the older more widely known terminology. A more realistic new term is needed.

vuelos especiales por aparatos de investigación instrumental cerca y dentro de "la CIT". Acompañan a este relato ejemplos selectos de fotografías de TIROS particularmente reveladoras de "la CIT" para ilustrar algunos fenómenos observados por satélites. Por breve, este informe sólo puede ser una introducción al interesante, importante y relativamente complejo tema desde el punto de vista de meteorología de satélites.

El estudio que llevó a esas conclusiones considera todas las regiones meteorológicas y las variaciones estacionales a través de los años. Más que intentar resumir todas las regiones y todas las estaciones en este breve informe, deseamos restringirlo a la presentación de algunos hechos salientes que explican condiciones típicas observadas en áreas del Océano Pacífico central y oriental y del Océano Atlántico tropical. Las fotografías de TIROS presentan condiciones observadas en dichas áreas oceánicas durante varios días de Agosto, que revelan diferencias típicas regionales y diarias y también para un día en Enero y otro día en Marzo. Se está preparando un resumen detallado de resultados del estudio inicial de "la CIT" para publicarse en 1964.

Han sido muy discutidos en la literatura y en las estaciones de previsión así como en las universidades y otros lugares "la CIT" y sus equivalentes conceptuales, reflejándose en tales discusiones muchas notables incertidumbres y reales desacuerdos. Hace unos diez años se presentó un excelente resumen de tal confusión por el Profesor C. E. Palmer en el Compendio de Meteorología (1951) que publicó la Sociedad Meteorológica Americana. Aún subsiste mucho de tal confusión. Entre otras cuestiones que se presentan todavía se cuentan las siguientes: ¿hasta qué punto "la CIT" es un frente o parecida a un frente? ¿Nunca es un frente? ¿Es parecida ocasionalmente a un frente? ¿No se parece generalmente a un frente en algunas regiones o se parece generalmente a un frente en otras regiones? ¿Abarca apreciables contrastes de temperatura de masas de aire o no? ¿Le faltan en algunos sitios típicos contrastes de temperaturas de masas de aire? ¿Le falta generalmente una pendiente bien definida? ¿Queda normalmente aislada y continua por grandes distancias? ¿Es o llega a ser una entidad continua alrededor de la Tierra? ¿Es rara vez o generalmente doble? ¿Es generalmente o rara vez discontinua? ¿Es angosta, típicamente con anchura de unas cuantas decenas de millas? ¿O alcanza generalmente muchas decenas y centenares de millas de anchura? ¿Hasta qué punto la caracteriza un cambio de viento? ¿Se mueve generalmente continua o discontinuamente? ¿Hasta qué punto persiste? ¿Qué debe considerarse como "perturbaciones" de "la CIT"? Podría agregarse otras muchas aquí.

Puede uno preguntar de veras: ¿Qué pasa realmente en "la CIT"?

También se puede preguntar: ¿Qué tan real o cuál es la real significación atmosférica de la larga y angosta línea doble, a veces llamada "vía de ferrocarril" y comúnmente usada en cartas tropicales de superficie para representar "la CIT"?

Por fortuna, los satélites TIROS han arrojado mucha luz sobre estos asuntos y han dado algunas respuestas concluyentes y cierto número de respuestas parciales.

search aircraft flights made near and across "the ITC". Selected examples of particularly revealing TIROS pictures of "the ITC" are presented with this report to illustrate some of the phenomena which are observed by the satellites. The report, being brief, can be no more than an introduction, from the point of view of satellite meteorology, to this interesting, important and relatively complex subject.

The study which led to these conclusions considers all tropical regions, and seasonal variations through several years. Rather than attempt to summarize for all regions and all seasons in this brief report we have chosen to restrict this report to a presentation of a few highlights which represent typical conditions observed at the central and eastern Pacific Ocean areas and at the tropical Atlantic Ocean. The TIROS pictures present conditions observed at these oceanic areas during several August days, to reveal typical regional and day-to-day differences, and also present conditions for a day in January and a day in March. A detailed summarization of the results of the primary study of "the ITC" is being prepared for publication in 1964.

In the literature, and at forecasting stations as well as at universities and elsewhere, "the ITC" and its conceptual equivalents have been much discussed. These discussions have been marked by conspicuous uncertainties and real disagreement. An excellent summary of the confusion that existed about a decade ago was presented by Professor C. E. Palmer in the Compendium of Meteorology (1951) published by the American Meteorological Society. Much of this confusion has continued to the present. Among the many questions still raised are the following: To what extent is "the ITC" a front, or front-like? Is it never a front? Is it occasionally front-like? Is it generally not front-like in some regions, but more often or generally front-like in other regions? Does it usually *not* involve appreciable air-mass temperature contrasts? Does it, at particular places, typically involve air-mass temperature contrasts? Does it generally lack a well defined slope? Is it normally single and continuous for great distances? Is it usually, or ever, an entity continuous around the Earth? Is it rarely, or generally, double? Is it generally, or rarely, discontinuous? Is it narrow, typically of a width of a few tens of miles? Or is it generally many tens or hundreds of miles in width? To what extent is a marked wind shift involved? Does it generally move continuously, or discontinuously? To what extent does it persist? Does it frequently dissipate locally, only to reform elsewhere? What may be considered to be the "perturbations" on "the ITC"? Many others might be listed here.

One may fairly ask: What is really happening at "the ITC"?

One may also fairly ask: How realistic is, or what is the real atmosphere meaning of, the long narrow double line, sometimes called a "railroad track", which is commonly placed on tropical surface charts to represent "the ITC"?

Fortunately the TIROS satellites have shed much light on these matters, and have provided some conclusive answers and a number of partial answers.

Las observaciones de TIROS muestran que la entidad llamada usualmente y muy seguido libremente, la CIT y simbolizada por la doble línea convencional sobre cartas tropicales, debe considerarse útil y realísticamente como zona de actividad. A ella nos referimos como la zona de "la CIT".² En general, la actividad atmosférica en la zona es claramente diferente de zonas adyacentes y también en general, de mayor amplitud relativa que en las mismas zonas. Dicha mayor amplitud de actividad generalmente es convectiva y a veces intensamente, aunque incluye ondas, vórtices y ciclones tropicales. La actividad abarca una característica variedad de tipos cada uno de los cuales representa un tipo de sistema atmosférico. Así, los sistemas se escalonan desde campos débilmente organizados de actividad convectiva relativamente intensa, como anchas nubes de altos cumulus, hasta bien desarrollados ciclones. Son características las nubes en cumulonimbus, aunque puedan faltar en los sistemas más débiles cuyo conjunto se mencionará como sistema o sistemas de la zona de "la CIT" (o sistemas "CIT").

La entidad "CIT" puede también útil y realísticamente considerarse, en un momento dado, como una *secuencia de sistemas atmosféricos* generalmente extendida de este a oeste que se encuentra dentro y caracteriza a la zona de "la CIT". En una región particular, dicha secuencia puede en lo general variar grandemente en sus detalles día por día y considerablemente en el mismo día. En cualquier momento puede ocupar una parte (no toda) de la correspondiente zona de "la CIT". Ver "la CIT" sería como ver el sistema de nubes o sistemas asociados con uno o más de los sistemas atmosféricos de la zona de "la CIT" e indicaciones de movimiento atmosférico que inducen estas nubes. En tal sentido "la CIT" puede apreciarse bien desde aviones de investigación y a veces ser observada por los satélites meteorológicos TIROS.

El término —la CIT— tal como se usa no establece esas distinciones y puede referirse a un sistema particular de nubes, a un sistema atmosférico, a una secuencia de sistemas vistos o no como secuencia, a una zona de actividad vista o no como tal, a un concepto estadístico más bien que sinóptico o a otros conceptos. Tales distinciones llegan a tener importancia teórica o práctica. Determinado sistema "CIT" puede ser pequeño, aislado o altamente transitorio. Otros sistemas pueden ser grandes o variar considerablemente en detalle, pero persistir como perturbaciones definidas por una o más semanas. En contraste, la zona de actividad en las áreas oceánicas principalmente consideradas ahora es característicamente muy persistente. En su secuencia de sistemas componentes en tiempo y espacio, la zona de actividad es una importante componente de la circulación general.

LA ZONA DE "LA CIT" Y SUS SISTEMAS

En áreas del Pacífico tropical central y oriental y del Atlántico tropical las observaciones de TIROS revelan que

² (o ZCIT para distinguirla de la convencional y diversa CITZ).

The TIROS observations show that the entity usually, often loosely, referred to as the ITC, the entity symbolized by the conventional double line on tropical charts, may be usefully and realistically considered to be a *zone of activity*. This we refer to as the zone of "the ITC".² The atmospheric activity in this zone is generally distinctly different from that of adjoining zones, and is generally conspicuously enhanced relative to that of the adjoining zones. The enhanced activity is generally convective activity, often intense convective activity, but may include waves, vortices and tropical cyclones. The activity is of a characteristic variety of types each representing a type of atmospheric system. Thus the systems range from weakly organized fields of relatively intense convective activity, as of large towering cumulus clouds, to well developed vortices. Cumulonimbus clouds are characteristic, but may be absent in the weaker systems. The systems are referred to as systems in or systems of the zone of "the ITC" (or "ITC" systems).

The entity "the ITC" may also be usefully and realistically considered to be, at a particular time, an extended generally east-west *sequence of atmospheric systems*, the sequence of systems which lies in and is characteristic of the zone of "the ITC". This sequence, at a particular region, generally varies greatly in detail from day to day, and may vary considerably within a day. At any given time it occupies part of (not all of) the corresponding zone of "the ITC". To see "the ITC" would be to see the cloud system or systems associated with one or more of the atmospheric systems of the zone of "the ITC", and to see the indications of atmospheric motion which these clouds provide. In this sense "the ITC" may be well seen from research aircraft, and may at times be well observed by the TIROS meteorological satellites.

The term —the ITC— as usually used does not make these distinctions and may refer to a particular cloud system, to an atmospheric system, to a sequence of systems whether viewed or a sequence or not, to a zone of activity whether viewed as a zone of activity or not, to a statistical rather than a synoptic concept, or to other concepts. Such distinctions may be of both practical and theoretical importance. A particular "ITC" system may be small, isolated or highly transient. Other systems may be large and vary considerably in detail but persist as distinct disturbances for a week or more. In contrast, the zone of activity, in the oceanic areas primarily considered here, is characteristically very persistent. The zone of activity, with its time and space sequences of component systems, is an important component of the general circulation.

THE ZONE OF "THE ITC" AND ITS SYSTEMS

At the central and eastern tropical Pacific and tropical Atlantic areas the TIROS observations reveal that, particu-

² (or ZITC, to distinguish it from the conventional, and different, ITCZ.)

particularmente en la estación cálida del Hemisferio Norte, la zona de "la CIT" tiene las siguientes características notables: normalmente es muy fácil distinguirla de las claramente diversas zonas adyacentes, a saber, 1) la zona de alisios del noreste, hacia el norte, con su representativa variedad de formaciones de cumulus de alisios en las áreas central y occidental y típicas condiciones de estratocumulus celulares en las áreas orientales de los océanos y 2) la zona relativamente seca de los alisios del sureste, al sur, con sus características líneas y bandas de cumulus de alisios y otros grupos convectivos en condiciones generalmente abiertas. Las fronteras entre la zona de "la CIT" y esas zonas adyacentes en general son relativamente firmes y a veces, notablemente firmes. La zona de "la CIT" en tales áreas se aproxima típicamente a unos 5° de latitud en anchura, la cual puede llegar en tiempos a 10°. Normalmente, en las áreas del Pacífico, del Atlántico oriental y al norte del ecuador en el área del Atlántico occidental llega a 10° N. Puede extenderse a lo largo de un eje generalmente situado de este a oeste por miles de millas, pero no necesariamente circunda la Tierra. En este aspecto difiere de la zona del corredor ecuatorial como se la mira convencionalmente. Dentro de la zona de "la CIT" los alisios son convergentes en ángulos muy abiertos, aunque pueden serlo más o menos claramente en una zona relativamente ancha de vientos muy ligeros y/o variables. Dentro de esa zona la convergencia puede ser poco o muy marcada y también haber divergencia, lo mismo que ascenso o descenso a varias escalas de manera regular, habiéndose observado indicios de convección eliminada por inversión. Dentro y entre los sistemas de la zona de "la CIT" comúnmente existen áreas de condiciones relativamente abiertas (es decir, condiciones de nubes delgadas, pequeñas y escasas, representando convección débil eliminada). En o cerca de ellas también hay amplia evidencia de un parcial equilibrio local entre ascenso y descenso a varias escalas. Estos fenómenos ilustran un importante principio general, a saber: íntima asociación de unidades, grupos y sistemas de nubes convectivas que representan ascenso intensificado localmente en tales escalas y rodeadas frecuentemente por áreas relativamente o muy abiertas, que indican descenso o subsidencia y ascenso eliminado a las mismas escalas.

La zona de "la CIT" se relaciona íntimamente con la zona del corredor ecuatorial, aunque difiere principalmente por tener en principio actividad convectiva organizada y sistemas atmosféricos que han observado los satélites y en consecuencia, límites algo diferentes. A lo menos, en apariencia, son también mucho más discontinuas, asociándose a veces en el área del Pacífico con una angosta faja de anticiclones subtropicales troposféricos superiores. Sin embargo, también existe cuando la cresta en el aire es débil o la reemplaza una amplia corriente de alto nivel del oeste que muestra los convencionales cambios de estación en su posición.

La zona de "la CIT" con frecuencia tiene íntima relación con vórtices débiles, los cuales usualmente se observan hacia el polo en la posición normal de secuencia de los sistemas "CIT". Algunos vórtices se localizan claramente en

larly during the Northern Hemisphere warm season, the zone of "the ITC" has the following noteworthy characteristics: It is normally very easily distinguished from the distinctively different adjacent zones, namely: 1) the zone of the northeast trades to the north, with its characteristic variety of trade cumulus formations at the central and western areas, and with characteristic cellular stratocumulus conditions at the eastern areas of the oceans; and 2) the relatively dry zone of the southeast trades to the south, with its characteristic trade cumulus lines, bands, and other convective groups in otherwise generally open conditions. The boundaries between the zone of "the ITC" and these adjacent zones are generally relatively sharp, and are often remarkably sharp. The zone of "the ITC" at these areas is typically approximately 5° of latitude in width, but may at times become 10° wide. It is normally near 10° N at the Pacific and eastern Atlantic areas, and is normally near but north of the equator at the western Atlantic area. It may extend along a generally east-west axis for thousands of miles, but does not necessarily extend around the Earth. In this respect it differs from the equatorial trough zone as conventionally viewed. Within the zone of "the ITC" the trades may converge at a very slight angle, or sharply, or less clearly at a relatively broad zone of rather light and/or variable winds. Within it net convergence may be marked, or slight, and local divergence does occur. Within it ascent and descent, on several scales, occur regularly, and evidence of inversion suppressed convection has been observed. Between and within systems within the zone of "the ITC" areas with relatively open conditions (that is, conditions having few, small, or thin clouds and representing weak or suppressed convection) occur commonly. At and near it evidence of partial local balance between ascent and descent, on several scales, is abundant. These phenomena illustrate an important general principle, which is: In general, convective cloud units, groups, and systems, representing locally intensified ascent on these several scales are closely associated with, often surrounded by, relatively open or very open areas, which represent on the same scales descent or subsidence and suppressed ascent.

The zone of "the ITC" is very closely related to the equatorial trough zone, differing mainly in being based primarily upon the satellite-observed organized convective activity and atmospheric systems, and therefore having somewhat different limits. It is also, at least apparently, much more discontinuous. In the Pacific area it is at times associated with a narrow belt of upper tropospheric subtropical anticyclones. It is also present, however, when this ridge aloft is weak, or is replaced by an extensive high level westerly current. It shows the conventional seasonal changes in position.

The zone of "the ITC" is often closely associated with weak vortices. These commonly occur poleward of the normal position of the sequence of "ITC" systems. Some of these vortices are clearly in the zone of "the ITC". Some are

la zona de "la CIT" y otros pocos claramente fuera de dicha zona. Aunque algunos son evidentemente transicionales e intermedios en ese aspecto, con frecuencia conviene considerarlos como situados en la zona de "la CIT", pues por lo menos algunas de las convecionales "perturbaciones de la CIT" son vórtices de esos tipos. Otros íntimamente se asocian o equivalen a ondas de alisio. Sin embargo, otros sistemas dentro o cerca de la zona de "la CIT", que se han considerado como ondas de alisio, apenas o no indican movimiento de vórtices o alguna circulación horizontal verdadera. Así resulta que existen varios tipos de ondas de alisio y que algunos sistemas que antes se consideraban como tales son realmente vórtices débiles. Pocos vórtices son suficientemente marcados o siquiera evidentes en las cartas de superficie sinópticas, lo cual se debe en parte a que muchos existen en áreas con pocos datos. A pesar de ello, se sabe ahora que los vórtices Lagrangianos débiles, como son ciertamente algunos, pueden no marcarse claramente en cartas convencionales o secciones de tiempo, aún si hay buenos datos, pero quedan bien evidentes en fotografías de TIROS.

En general, las fotografías oceánicas de TIROS pueden no ofrecer un cuadro Euleriano sino otro Lagrangiano, en contraste con áreas terrestres cuyas fotografías de TIROS casi siempre presentan lo que es primordialmente un cuadro Euleriano ya que montañas, islas, costas y otras áreas tienen rasgos de condiciones topográficas y superficiales que ejercen influencia modificadora. Aunque a veces ambos cuadros puedan parecerse mucho, en ciertas condiciones son completamente diversos como sucede en el caso de ondas de alisio. En el cuadro (Euleriano) convencional son perturbaciones ondiformes en una corriente de alisio; en el cuadro (Lagrangiano) de TIROS son vórtices definidos en una corriente de alisio.

Una zona cercanamente comparable en actividad a la zona de "la CIT" del Hemisferio Norte parece inexistente de modo regular en el Hemisferio Sur, aunque sí ocurren sistemas convectivos comparables en los cuales se han observado a veces secuencias bastante extensas de manera general este-oeste. Debiera notarse que se conocen sistemas aislados de actividad convectiva relativamente intensa en muchas áreas de latitudes bajas; por regla general en áreas que son claramente favorables aunque también con una distribución laxa que no se ha entendido bien y con marcadas diferencias regionales. La distribución de tierra y agua y especialmente de calentamiento superficial en áreas terrestres ejercen claramente influencia moderadora importante. Las perturbaciones atmosféricas y las convergencias también deben ser de gran importancia.

Las condiciones de áreas del Pacífico central y oriental (pero no de otras) parecen representar un excepcional grado de desarrollo de un fenómeno más general y en tal sentido son un caso extremo. Las condiciones de áreas en el Atlántico tropical indican que existe claramente una zona de "la CIT", aunque es más francamente variable en tiempo y región y menos para un desarrollo extremo como en el área del Pacífico. En áreas del Pacífico más oriental existen

clearly outside of this zone. Although some are clearly intermediate or transitional in this respect it is often convenient to consider these to be also in the zone of "the ITC". At least some of the conventional "perturbations of the ITC" are vortices of these types. Certain of the vortices are very closely related to, or are equivalent to, easterly waves. However, other systems in or near the zone of "the ITC" which have been identified as easterly waves show little or no evidence of vortical motion or any real horizontal circulation. It is now clear that several types of easterly wave occur, and that some systems conventionally considered to be easterly waves are in fact weak vortices. Few of these vortices are clearly marked on or even evident on synoptic surface charts. This is at least partly due to the fact that many occur in data-sparse areas. However it is now clear that weak Lagrangian vortices, which some of these certainly are, may not be clearly marked on conventional charts and time-sections even when good data are available, yet may be clearly evident in the TIROS pictures.

In general, oceanic TIROS pictures present not an Eulerian view but a Lagrangian view. At land areas, in contrast, the TIROS pictures often present what is primarily an Eulerian view, as at mountains, islands, coasts and elsewhere where topography and land surface conditions are controlling influences. Although at times the two views may be closely similar, for some conditions they may be quite different, and this appears to be the case for these easterly waves. In the conventional (Eulerian) view they are wave-form perturbations in an easterly current; in the TIROS (Lagrangian) view they are distinct vortices in an easterly current.

A zone closely comparable in activity to the Northern Hemisphere zone of "the ITC" appears not to occur regularly in the Southern Hemisphere, although comparable convective systems do occur there, and these have been observed to form at times fairly extensive generally east-west sequences. It should be noted that isolated systems of relatively intense convective activity occur rather commonly at many low latitude areas, generally at areas which are clearly unusually favorable, although also with a scattered distribution which is not well understood. Regional differences are generally marked. The distribution of land and water, and surface heating particularly at land areas are clearly important controlling influences. Atmospheric disturbances and convergence must also be of major importance.

The conditions of the central and eastern (but not far eastern) Pacific areas appear to represent an exceptional degree of development of a more general phenomenon, and in this sense an extreme case. The conditions at the tropical Atlantic area represent a distinct occurrence of a zone of "the ITC" but one distinctly more variable with time and region and less a development extreme than that of the Pacific area. The far eastern Pacific area has rather different

condiciones muy diferentes y altamente variables, así como una zona de "la CIT" mucho menos marcadas que en el Atlántico tropical.

Para resumir, las características salientes de la zona de "la CIT" son: 1) su buena definición y contraste con zonas adyacentes; 2) la significativa variedad de sistemas que ocurren en ella; 3) sus vórtices asociados; 4) su alto grado de variabilidad de sistemas con el tiempo; 5) las condiciones relativamente abiertas o muy abiertas o de hiato dentro de ellas; 6) su persistencia como zona de actividad intensificada; 7) su restringida extensión latitudinal y considerable longitudinal y 8) sus marcadas diferencias regionales en intensidad, extensión y tipos de sistemas componentes.

LAS FOTOGRAFÍAS DE TIROS

Para apreciar mejor la significación y validez de estas generalizaciones respecto a la zona de "la CIT" y para considerar en detalle los sistemas de esa zona y sus características, es necesario estudiar cuidadosa y comparativamente las fotografías de TIROS. Cada una merece a lo menos unas mil palabras, pues en la época actual no hay mejor sustituto para tan valiosas fuentes de información.

En la breve presentación de las fotografías de TIROS que sigue, sólo se harán algunos comentarios para llamar la atención a ciertos rasgos principales, dejándose al lector encontrar, considerar y comparar a lo menos alguno de los muchos detalles significativos restantes. Una discusión más detallada de las condiciones que muestran tan reveladoras fotografías desborda el alcance de este breve informe.

FIGURA 1

Esta figura muestra las condiciones del área del Atlántico al noreste de la saliente de Brasil. La figura presenta 6 fotografías relacionadas en secuencia de la A a la F, tomadas al pasar el satélite hacia el noreste sobre esa área.³

Las fotografías B a F muestran anchas bandas múltiples de actividad convectiva relativamente intensa en la zona de "la CIT", aproximadamente entre 5° N y 15° N. Extensas condiciones relativamente abiertas separan las bandas dentro de la zona. La fotografía F muestra bien las condiciones muy abiertas al sur de las bandas y la saliente de Brasil cerca de la base de la fotografía en (4', 4').⁴ En las foto-

³ La superposición que muestra detalles idénticos en fotografías adyacentes proporciona la continuidad que proporciona una vista integrada general de las condiciones observadas. La dirección norte es vertical a la parte central de cada fotografía y las indicaciones de latitud son aproximadas, aunque casi correctas para ciertos rasgos importantes del centro. Las líneas de longitud aproximada son casi verticales en las diferentes fotografías. Esta disposición permitió colocar las fotografías en la figura y se usó en otras de esta serie.

⁴ La posición de los detalles en cada fotografía se indica concisamente por medio de un sistema de coordenadas cartesianas según el cual: 1) el origen, o, está en el ángulo suroeste de la fotografía

and highly variable conditions and has a zone of "the ITC" which appears to be even less marked than that of the tropical Atlantic.

To summarize, outstanding characteristics of the zone of "the ITC" are: 1) its distinctness from and contrast with the adjacent zones; 2) the significant variety of systems that occur within it; 3) its associated vortices; 4) the high degree of variability with time of its systems; 5) the relatively open and very open or gap conditions within it; 6) its persistence as a zone of enhanced activity; 7) its restricted latitudinal but considerable longitudinal extent; 8) its marked regional differences in intensity, extent, and types of component systems.

THE TIROS PICTURES:

To appreciate better the significance and validity of these generalizations concerning the zone of "the ITC", and to consider in detail the systems of this zone and their characteristics, it is necessary to study the TIROS pictures carefully and comparatively. Each is worth at least a thousand words. There is at this time clearly no substitute for these invaluable sources of information.

In the following brief presentation of TIROS pictures only a few comments are made, to direct attention to certain major features, and it is left to the reader to find, consider, and compare at least some of the many other significant details. A more detailed discussion of the conditions shown in these revealing pictures is beyond the scope of this brief report.

FIGURE 1.

This figure shows conditions at the Atlantic area northeast of the bulge of Brazil. The figure presents 6 related pictures, in sequence from A to F, taken as the satellite passed going northeastward over this area.³

Pictures B to F show multiple major bands of relatively intense convective activity in the zone of "the ITC" between approximately 5° N and 15° N. Extensive relatively open conditions separate the bands within this zone. Picture F shows well the very open conditions to the south of the bands, and shows the bulge of Brazil near the bottom of the picture at (4', 4').⁴ Inversion dominated trade wind cellular

³ Overlap showing identical details in adjoining pictures provides the continuity which permits an integrated overall view of the conditions observed. The north direction is vertical at a central part of each picture, and the latitude indications are approximate but nearly correct for certain central major features. The approximate longitude lines run nearly vertically through several pictures. This scheme determines the placement of the pictures in the figure, and is used in the other figures of this series.

⁴ Positions of details in each photograph are concisely indicated by means of a Cartesian coordinate system according to which: 1) the origin, o, is at the southwest corner of the picture, or at the corner

grafías B y C aparecen estratocumulus celulares de vientos alisios dominados por la inversión, típicos de las partes subtropicales del Atlántico y del Pacífico orientales. La frontera entre ambos tipos de cumulus se marca claramente. Un vórtice dentro de la zona de "la CIT" y las anchas bandas "CIT" en una etapa inicial de la T. T. Becky existe cerca de 20° N en la fotografía A, mostrándose el centro ciclónico de ($9'$, $1.5'$) en la misma y otros muchos detalles.

FIGURA 2

Esta figura muestra condiciones en la misma área del Atlántico en otros cuatro días. El extremo de la saliente de Brasil, un buen punto de referencia, se indica por una línea discontinua y la letra B. El par fotográfico L y M muestra condiciones de casi 24 horas antes y la fotografía Q de casi 24 horas después de la Figura 1. El estratocumulus celular se muestra bien en la fotografía L. Las fotografías L y M indican que el múltiple bandeamiento de actividad convectiva intensa existe en toda la zona de "la CIT" y que las bandas están menos bien desarrolladas y la zona más abierta en este temprano momento. Dos días después hay más actividad convectiva intensa, incluyendo grupos de nubes cumulonimbus claramente evidentes con cubiertas de cirrus en forma de yunque, según la fotografía Q, formando una ancha banda principal muy extendida al oeste (indicada) y que llega por el este a la circulación de Becky (no indicada), mucho más intensa en este momento posterior. La fotografía H muestra una banda principal comparable, pero algo más abierta, en la zona de "la CIT" en la misma área, si bien una semana antes de la indicada en la fotografía Q. Ambas bandas principales alcanzan más de mil millas y también se ven en las fotografías angostas "líneas de nubes" (pequeñas bandas) de cumulus y cierta variedad de bandas menores más anchas.

En estas fotografías la banda principal, una banda menor componente o un grupo componente de nubes cumulonimbus pueden considerarse como un sistema de la zona de "la CIT", representando cada una la condición particular,

o en el ángulo "más cercano al suroeste" (es decir, queda en el intervalo desde casi al suroeste hasta el suroeste franco y aún el sur) — nótese que verticalmente casi marca hacia arriba la dirección norte; 2) el extremo "occidental" de la fotografía (que puede variar desde un borde aproximadamente al noreste a través del oeste franco hasta un borde suroeste por el sitio del ángulo en 1) de arriba) se considera dividido en una escala lineal (o eje y) que corre de 0 a 10 y *no* está marcado en la fotografía; 3) el borde "sur" de la fotografía (que también varía desde casi al suroeste hasta el sureste) también debe considerarse dividido en una escala lineal (o eje x) entre 0 y 10. Así, usando estos ejes de coordenadas imaginarias, (5,5) sería el centro de la fotografía (0,0) sería el origen; (1, 1.5) estaría cerca del ángulo de referencia y (2', 3') estaría en el *cuadrado de referencia* formado por el intervalo 1.5 a 2.5 del eje x y el intervalo 2.5 a 3.5 del eje (es decir, el cuadrado con unidades laterales del eje x centradas en $x = 2$ y del eje y centradas en $y = 3$). Este método, más fácil de usar que de describir, substituye al puntero luminoso que se usó cuando las figuras se proyectaron en la conferencia de la Ciudad de México.

stratocumulus, typical of the eastern subtropical parts of the Atlantic and Pacific, is well shown to the north of the bands in pictures B and C. The boundary between the two types of cumulus is clearly shown. A vortex associated with the zone of "the ITC" and these "ITC" major bands, an early stage of T. S. Becky, is shown near 20° N in picture A. The cyclone center is shown near ($9'$, $1.5'$) in picture A. Many other details are also well shown.

FIGURE 2.

This figure shows conditions at the same area of the Atlantic on four other days. The tip of the bulge of Brazil, a good reference point, is indicated by a dashed line and the letter B. Picture pair L and M show conditions about 24 hours earlier and picture Q shows conditions about 24 hours later than those shown in Fig. 1. The cellular stratocumulus is well shown in picture L. Pictures L and M show that multiple banding of intense convective activity is present in the zone of "the ITC", and that the bands are less well developed and the zone is significantly more open at this earlier time. Two days later more intense convective activity, including clearly evident groups of cumulonimbus clouds with spreading anvil cirrus tops, shown in picture Q, form a broad major band which extends far to the west (as shown) and which extends eastward into the circulation of Becky (not shown) which was significantly more intense at this later time. Picture H shows a comparable but somewhat more open major band in the zone of "the ITC" at the same area but a week earlier than that shown in picture Q. Both of these major bands extend for over a thousand miles. Narrow cumulus "cloud lines" (small bands) are also clearly shown in these pictures, as are a variety of larger minor bands.

In these pictures a major band, a component lesser or minor band, or a component group of cumulonimbus clouds may be considered to be a system in the zone of "the ITC". Each represents a particular condition and a

which is "most nearly southwest" (i. e., lies in the range from just south of west through true southwest to and including south) — note that vertically upward approximates the north direction: 2) the "western" edge of the picture (which may vary from an approximately northwest edge through true west to a southwest edge because of the corner convention of 1) above) is considered to be divided into a linear scale (or y-axis) which runs from 0 to 10 and is *not* marked on the picture; 3) the "south" edge of the picture (similarly varying from almost southwest to southeast) is also to be considered to be divided into a linear scale (or x-axis) which runs from 0 to 10. Thus, using these imaginary coordinate axes, (5,5) would be the picture center, and (0,0) would be the origin; (1, 1.5) would be near the reference corner, and (2',3') would be in the *reference square* formed by the x-axis interval 1.5 to 2.5 and the y-axis interval 2.5 to 3.5 (i. e., the square with unit sides having the x-axis side centered at $x = 2$ and the y-axis side centered at $y = 3$). This scheme, which is easier to use than to describe, is a substitute for the flashlight pointer which was used when these figures were presented as slides at the Mexico City conference.

tipo y grado de organización. Sin embargo, en este informe, la palabra sistema se refiere a las entidades más grandes a menos que se diga otra cosa.

Las fotografías A y B muestran bien un vórtice relativamente abierto asociado con amplias bandas de intensa actividad convectiva en la zona de "la CIT". Grupos de nubes cumulonimbus reúnen los extremos occidentales de las dos bandas más grandes, existiendo una amplia área de condiciones abiertas entre ellas que se extiende a la circulación del vórtice. Nótese una área relativamente abierta como ojo en el centro del vórtice, cerca de (1.5', 3.5') en la fotografía A. La saliente de Brasil queda justamente fuera de la fotografía B cerca de la marca de 40° W. Angostas "líneas de nubes" (pequeñas bandas) de altos cumulus son claramente visibles en el vórtice y en las bandas más grandes del norte.

FIGURA 3

Esta figura presenta una secuencia fotográfica de condiciones en el área central del Pacífico observadas el mismo día de la fotografía H de la Fig. 2. La fotografía A muestra las principales islas de la cadena de las Islas Hawaii, cuya posición aproximada es: Hawaii (4.5, 6), Maui (3.5, 7), Oahu (2, 7) y Kauai (1, 7.2). Lanai y Molokai también se muestran claramente. La fotografía A muestra una variedad de grupos de nubes en la circulación de alisios del noreste y varios sistemas mayores en la zona de "la CIT" al sur. Las fotografías B y C muestran más claramente los detalles de los sistemas "CIT". Un típico grupo de bandas relativamente abiertas de actividad convectiva intensa alcanza varios cientos de millas al este desde la longitud 160° W con un aparente vórtice al oeste de ella, lo cual se muestra bien cerca de (1', 5') en la fotografía B. Densos cirrus atribuibles a actividad de cumulonimbus son aparentes en el sistema del vórtice en (1.5', 3.5') en la fotografía C y otras partes de las fotografías B y C. Debe notarse que pudieron obtenerse en el vuelo informes del tiempo muy diferentes al cruzar los aviones esta zona en actividad de "la CIT" en varias rutas diversas. Las típicas condiciones muy abiertas de la zona seca ecuatorial se muestran bien al sur de 5° N. Algunas "líneas" (pequeñas bandas) de cumulus en la circulación de alisios del sureste de esta zona seca aparecen en (6.5', 4') y otros puntos de la fotografía E. Una muy amplia y relativamente angosta banda convectiva existe al sur de 10° S marcando el borde de la advección ecuatorial a gran escala hacia el ecuador, asociada con un gran ciclón subtropical visible cerca de (9', 2') en la fotografía F.

FIGURA 4

Esta figura muestra las condiciones al suroeste de Hawaii dos días después. La Isla Hawaii queda en la parte superior izquierda de la fotografía A, sin verse bien en ella. Las fotografías C y D muestran detalles, aún pequeñas bandas de cumulus, de un sistema abierto de bandas múltiples en la zona de "la CIT". La fotografía C muestra que los vuelos podrían

type and degree of organization. In this report, however, the word system refers to the larger entities unless otherwise indicated.

Pictures A and B show well a relatively open vortex associated with extensive bands of intense convective activity in the zone of "the ITC". Groups of cumulonimbus clouds connect the western ends of the two largest bands, and an extensive area of open conditions lies between them and extends into the circulation of the vortex. Note an eye-like relatively open area at the center of the vortex, near (1.5', 3.5') in picture A. The bulge of Brazil is just off picture B near the 40° W label. Narrow towering cumulus "cloud lines" (small bands) are clearly visible in the vortex and in the northern of the largest bands.

FIGURE 3

This figure presents a picture sequence that shows conditions at the central Pacific area which were observed on the same day as those shown in picture H of Figure 2. Picture A shows the main islands of the Hawaiian Island chain. The island positions are approximately: Hawaii (4.5, 6), Maui (3.5, 7), Oahu (2,7), Kauai (1, 7.2). Lanai and Molokai are also clearly shown. Picture A also shows a variety of cloud groups in the northeast trade flow, and several major systems in the zone of "the ITC" to the south. Pictures B and C show more clearly the details of the "ITC" systems. A typical relatively open group of bands of intensive convective activity extends for hundreds of miles to the east from longitude 160° W. An apparent vortex is shown west of 160° W. This is well shown near (1', 5') in picture B. Dense cirrus attributable to cumulonimbus activity is apparent at the vortex system, as at (1.5', 3.5') in picture C and elsewhere in pictures B and C. It should be noted that very different flight weather reports could have resulted from flights crossing this zone of "ITC" activity on various different tracks. The typically very open conditions of the equatorial dry zone are well shown south of 5° N. Small cumulus "lines" (small bands) in the southeast trade flow of this dry zone are shown at (6.5', 4') and elsewhere in picture E. A very extensive relatively narrow convective band is shown near 10° S. This band marks the equatorward edge of large-scale equatorward advection associated with a large subtropical cyclone which is visible near (9', 2') in picture F.

FIGURE 4

This figure shows conditions southwest of Hawaii two days later. The Island of Hawaii is included in the upper left part of picture A but is not well shown in this picture. Pictures C and D show details, including cumulus small bands, of an open multiple band system in the zone of "the ITC". Picture C shows that flights could cross the zone of

cruzar la zona de "la CIT" en ciertas líneas en este momento y encontrar no muy intensa actividad convectiva. Una ancha banda "CIT" se extiende al este desde casi 150° W cerca de 5° N. Un gran vórtice débil con numerosas y pequeñas bandas puede verse al sureste de Hawaii en las fotografías A y B. El centro abierto se muestra en (8.5', 3') en la fotografía A y también en la fotografía B, así como: un sistema en la zona de "la CIT" muy al oeste; la zona seca ecuatorial relativamente abierta al sur; pequeñas bandas de altos cumulus en la zona seca y una extensa banda convectiva cerca de 10° S que se ve bien de casi (1, 3.5) a (7, 2) en la fotografía F. Todas las fotografías de esta figura tienen conspicuas áreas de condiciones relativamente abiertas y muy abiertas.

FIGURA 5

Esta figura presenta las condiciones en el área del Pacífico oriental norte durante el mismo período de Agosto con sistemas de la zona de "la CIT", incluyendo vórtices asociados y algunos cambios de tiempo. Las fotografías A y B muestran: bandas múltiples cerca de 10° N; nubosidad más amplia al este; condiciones relativamente complejas y abiertas al oeste que incluyen un posible vórtice pequeño que se muestra en (4.5', 5.5') en la fotografía B y la zona seca relativamente abierta al sur. Un débil vórtice se muestra bien al oeste en la fotografía A, con centro en (2', 4') en la misma fotografía. La T. T. Ava queda justamente fuera de esa fotografía al este, mostrándose condiciones relativamente abiertas al sur del par de vórtices y extensas formaciones de estratocumulus de alisios al norte. La fotografía H muestra la misma área al día siguiente y las condiciones que existen al este en el mismo día en la Figura 3. Todavía se aprecian condiciones relativamente abiertas al sur del par de vórtices. Las bandas múltiples de la zona de "la CIT" representan actividad convectiva realmente más intensa que en la fotografía, con ángulos visuales (ángulos de objeto del nadir) al sur de 10° N relativamente desfavorables, revelando que la zona se abre algo en esta área en dicho momento. Las bandas también revelan una distribución de actividad convectiva muy cambiada.

Las fotografías L y M muestran otro par de vórtices en la misma región dos días más tarde y 1.5 horas antes del tiempo de la secuencia de la Figura 4. En la fotografía L aparecen un ciclón tropical relativamente intenso, llamado realísticamente "huracán C" por J. C. Sadler (1963) y áreas asociadas de condiciones significativamente abiertas. Los estratocumulus celulares, dominados por inversión, se extienden bien hasta la circulación de este ciclón tropical, mostrándose una angosta banda convectiva muy larga en la zona de "la CIT" cerca de 10° N. La fotografía M muestra bastantes detalles de su estructura y el aspecto casi-celular de su intensa actividad convectiva, así como un débil vórtice y sus condiciones asociadas muy abiertas al norte de la principal banda convectiva. El centro abierto de este vórtice se muestra en (3', 8') en la fotografía M, aunque

"the ITC" on certain tracks at this time and encounter very little intense convective activity. A major "ITC" band extends eastward from about 150° W near 5° N. A large weak vortex with numerous small bands is visible south-east of Hawaii in pictures A and B. The open center is shown at (8.5', 3') in picture A, and is also shown in picture B. Also shown are: a system in the zone of "the ITC" far to the west; the relatively open equatorial dry zone to the south; towering cumulus small bands in the dry zone; and an extensive convective band near 10° S which is well shown from about (1, 3.5) to (7, 2) in picture F. Areas of relatively open and very open conditions are conspicuously present in all of the picture of this figure.

FIGURE 5

This figure presents conditions at the eastern north Pacific area during this same August period, and shows systems of the zone of "the ITC", including associated vortices, and some time changes. Pictures A and B show: multiple banding near 10° N; more extensive cloudiness to the east; relatively complex and open conditions to the west which include a possible small vortex that is shown at (4.5', 5.5') in picture B; and the relatively open dry zone to the south. A weak vortex is well shown to the west in picture A. Its center is shown at (2', 4') in picture A. T. S. Ava is just off picture A to the east. Relatively open conditions are shown just south of the vortex pair and extensive trade stratocumulus formations are visible to the north. Picture H shows the same area a day later, and conditions which are east of those shown for the same day in Fig. 3. Relatively open conditions are still present south of the vortex pair. The multiple bands of the zone of "the ITC" represent convective activity which is more intense than is clearly apparent in this picture, for the viewing angles (object nadir angles) south of 10° N are relatively unfavorable, but reveal that the zone is relatively open at this area and at this time. The bands also reveal a much changed distribution of the convective activity.

Pictures L and M show another vortex pair in the same region but two days later and 1.5 hours before the time of the sequence of Fig. 4. A relatively intense tropical cyclone, the storm realistically called "hurricane C" by J. C. Sadler (1963), and associated areas of significant open conditions are well shown in picture L. The inversion dominated cellular stratocumulus is shown extending well into the circulation of this tropical cyclone. A very long relatively narrow convective band of the zone of "the ITC" is shown near 10° N. Picture M shows well details of its structure, and the quasi-cellular aspect of its intense convective activity. A weak vortex and its associated very open conditions are well shown in picture M north of the major convective band. The open center of this vortex is well shown at (3', 8') in picture M. The vortex is also shown in picture L.

también aparece en la fotografía L. La zona seca característicamente abierta existe al sur de la principal banda "CIT", es decir, al sur de 5° N.

La fotografía Q, con las condiciones del Pacífico central siete días después, muestra una etapa posterior y menos intensa del gran ciclón tropical de la fotografía L, cuyo centro abierto del vórtice aparece en (7', 7') en la fotografía Q, así como las muy significativas condiciones asociadas muy abiertas. Entre 5° N y 10° N, en la zona de "la CIT", aparece bien en la fotografía Q una larga y relativamente angosta banda convectiva, así como un aparente vórtice pequeño asociado cerca de (5', 3'). Al sur aparece de nuevo la zona seca ecuatorial relativamente abierta.

FIGURAS 6, 7 Y 8

Para comparación, estas figuras muestran condiciones entre más o menos 105° W y 180° W, a lo largo de la zona de "la CIT" del Pacífico, como se observaron el 17 de Agosto de 1961. Nótese la variedad de sistemas en la zona de "la CIT", los vórtices asociados, las formaciones de cumulus de alisios, las condiciones ampliamente abiertas y la zona seca.

La Figura 6 muestra: nubes de cumulonimbus sobre México; la parte sur de Baja California; una gran área abierta al sur y al este de Baja California; un gran vórtice cerca de 15° N al este; una ancha área de intensa actividad convectiva en la zona de "la CIT" al oeste, norte y sur de 10° N; una amplia zona seca relativamente abierta y grupos convectivos relativamente amplios, pero diseminados al sur del ecuador.

La Figura 7 muestra: una extensa formación de estratocumulus y estratos al oeste de California y Baja California; la parte norte de Baja California; formaciones y grupos de cumulus de alisios; una amplia banda principal en la zona de "la CIT", cerca de 10° N; un vórtice o aparente vórtice u "onda" al oeste, casi a 15° N, con amplias condiciones asociadas relativamente abiertas; una segunda banda principal "CIT" al este del vórtice y una extensa zona seca muy abierta al sur que incluye cierto número de "líneas" (pequeñas bandas) de altos cumulus en la corriente del alisio del sureste.

La Figura 8 muestra: las Islas Hawaii; un vórtice abierto cerca de 15° N y 160° W; un vórtice ampliamente abierto cerca de 15° N y 170° W con condiciones asociadas muy abiertas; una zona inusualmente nubosa (bandas principales) extendida al noreste desde el vórtice occidental; una amplia banda principal en la zona de "la CIT" que llega a la circulación del vórtice occidental; una zona seca relativamente abierta al sur que incluye numerosas y pequeñas bandas de altos cumulus en la corriente del alisio del sureste y otros detalles importantes. También aparecen muchos otros detalles en estas figuras.

FIGURA 9

Esta figura presenta una secuencia fotográfica que muestra condiciones en el área del Pacífico central en Enero

The characteristically open dry zone is shown south of the major "ITC" band, that is, south of 5° N.

Picture Q, of conditions in the central Pacific seven days later, shows a later and less intense stage of the major tropical cyclone shown in picture L. The open center of this vortex is well shown at (7', 7') in picture Q, as are the associated significant very open conditions. A very long relatively narrow convective band in the zone of "the ITC" is well shown in picture Q between 5° N and 10° N. A closely associated small apparent vortex is also well shown, at and near (5', 3'), in picture Q. The relatively open equatorial dry zone is shown again to the south.

FIGURES 6, 7, AND 8

These figures show, for comparison, conditions from about 105° W to 180° W along the Pacific zone of "the ITC" as observed on 17 August 1961. Note the variety of systems in the zone of "the ITC", the associated vortices, the trade cumulus formations, the extensive open conditions, and the dry zone.

Figure 6 shows: cumulonimbus clouds over Mexico; the southern part of Baja California; a large open area south and east of Baja California; a large vortex near 15° N to the east; a wide area of intense convective activity in the zone of "the ITC" to the west, and north and south of 10° N; an extensive relatively open dry zone; and relatively large but scattered convective groups south of the equator.

Figure 7 shows: an extensive stratus and stratocumulus formation west of California and Baja California; the northern part of Baja California; trade cumulus formations and groups; an extensive major band in the zone of "the ITC" near 10° N; a vortex, apparent vortex, or "wave" to the west, and near 15° N, with extensive associated relatively open conditions; a second major "ITC" band east of the vortex; and an extensive very open dry zone to the south, which includes a number of towering cumulus "lines" (small bands) in the southeast trade current.

Figure 8 shows: the Hawaiian Islands; an open vortex near 15° N, 160° W; an extensive open vortex near 15° N, 170° W with associated very open conditions; an unusual cloudy zone (major band) extending northeastward from the western vortex; an extensive major band in the zone of "the ITC" which extends into the circulation of the western vortex; an extensive relatively open dry zone to the south, which includes numerous towering cumulus small bands in the southeast trade current; and other details of importance. Many other details are also well shown in these figures.

FIGURE 9.

This figure presents a picture sequence which shows conditions at the central Pacific area in January and reveals

y revela que también existen vórtices de Invierno en la zona de "la CIT". El centro del vórtice aparece en (6', 8') en la fotografía E y también se comprueba en la fotografía D. La banda principal asociada muestra múltiple bandeamiento y una estructura relativamente abierta, así como: una banda frontal al norte que tiene una aparente línea de turbonadas a lo largo del borde sur; condiciones muy abiertas al sur de la banda frontal y al norte de la zona de "la CIT" y una amplia área de condiciones muy abiertas al sur de los sistemas "CIT", en la zona seca ecuatorial.

FIGURAS 10, 11 Y 12

Estas figuras muestran sistemas en la zona de "la CIT" en el área del Atlántico tropical en Septiembre. La secuencia de sistemas "CIT" que aparece aquí se estudió también por medio de aviones de investigación.

La Figura 10 muestra tres sistemas convectivos cerca de 10° N que consisten en activas nubes de cumulonimbus y densos cirrus en yunque que corren al norte en un nivel superior de la corriente del sur. Grupos de estratocumulus y condiciones relativamente abiertas aparecen al norte de la zona de "la CIT".

La Figura 11 muestra dos sistemas principales en la zona de "la CIT", cerca de 10° N, siendo el más oriental el mismo más occidental de la Figura 10. El extenso sistema triangular es un grupo de nubes de cumulonimbus que crecen activamente y también lo es el más pequeño sistema triangular al oeste del anterior. Condiciones muy abiertas se muestran al norte de la zona de "la CIT" y relativamente abiertas en la zona seca al sur. Una banda frontal, con una línea de turbonadas aparece muy al norte y cumulus y estratocumulus de alisios muy al sur.

La Figura 12 muestra una variedad de sistemas en la zona de "la CIT" cerca de 10° N, así como condiciones relativamente abiertas al norte y al sur de esos sistemas, también al oeste en este caso. Esta secuencia de sistemas "CIT" termina en el borde nuboso que aparece al oeste. El amplio sistema cerca de 20° N es una onda de alisio. La saliente de Brasil se muestra al sur. Cumulus de alisios en la corriente de alisios del sureste aparecen al este y al sureste de la saliente del Brasil.

También se muestran muchos detalles en estas figuras.

FIGURA 13

Esta figura muestra condiciones en la zona de "la CIT" cerca de 10° N precisamente al oeste de México el 23 de Marzo de 1962, apareciendo claramente una amplia área de bandas múltiples con grupos de cumulonimbus y áreas asociadas de condiciones relativamente abiertas, así como vientos del oeste superiores a nivel de los cirrus. Los estratocumulus celulares advectivos del alisio, dominados por inversión, se muestran bien al norte y también las pequeñas bandas de cumulus de la zona seca, indicando las primeras una circulación de bajo nivel al norte y al noreste y las segundas una circulación al este. Nótese la amplia área de

that vortices in the zone of "the ITC" also occur in Winter. The vortex center is shown at (6', 8') in picture E and is also well shown in picture D. The associated major band shows multiple banding and a relatively open structure. Also shown are: a frontal band to the north which has an apparent squall line along its southern edge; very open conditions south of the frontal band and north of the zone of "the ITC"; and an extensive area of very open conditions to the south of the "ITC" systems, at the equatorial dry zone.

FIGURES 10, 11 AND 12

These figures show systems in the zone of "the ITC" at the tropical Atlantic area in September. The sequence of "ITC" systems shown here is one that was studied also by means of research aircraft.

Figure 10 shows three convective systems near 10° N which consist of active cumulonimbus clouds and anvil dense cirrus streaming northward in an upper level southerly current. Stratocumulus groups and relatively open conditions are well shown to the north of the zone of "the ITC".

Figure 11 shows two major systems in the zone of "the ITC" near 10° N. The easternmost one is the same as the westernmost one shown in Fig. 10. The extensive triangular system is a group of actively growing cumulonimbus clouds, as is also the smaller triangular system to the west of the large one. Very open conditions are shown to the north of the zone of "the ITC", and relatively open conditions are shown at the dry zone to the south. A frontal band with a squall line is shown far to the north, and trade cumulus and stratocumulus are shown far to the south.

Figure 12 shows a variety of systems in the zone of "the ITC" near 10° N. Relatively open conditions are shown to the north and to the south of these systems, and in this case also to the west. This sequence of "ITC" systems terminates at the cloud edge shown to the west. The extensive system near 20° N is an easterly wave. The bulge of Brazil is well shown to the south. Trade cumulus in the southeast trade current is shown east and southeast of the bulge of Brazil.

Many other details are also well shown in these figures.

FIGURE 13

This figure shows conditions at the zone of "the ITC" near 10° N just west of Mexico on 23 March, 1962. An extensive area of multiple bands with cumulonimbus groups and associated areas of relatively open conditions are well shown. Upper westerlies are clearly indicated at the cirrus level. The inversion dominated trade wind advective cellular stratocumulus to the north and the dry zone cumulus small bands and groups to the south are also well shown. The former indicate a northerly and northeasterly low level flow, and the latter indicate an easterly flow. Note the extensive area of very open conditions off the coast of Mexico

condiciones muy abiertas frente a la costa de México, limitando al este la parte norte de la zona de actividad convectiva. Otros numerosos detalles aparecen claramente en esta excelente secuencia de fotografías de TIROS.

which bounds to the east the northern part of the zone of convective activity. Numerous other details are well shown in this excellent sequence of TIROS pictures.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAPHY

- DUNN, C. E. *et al.* 1963. The Hurricane Season of 1962, *Mo. Wea. Rev.*, 91:199-207.
- FETT, R. W. 1963. TIROS V views Final Stages in the Development of Typhoon Sarah - August 1962. *Mo. Wea. Rev.*, 91:367-373.
- 1963. Details of Hurricane Structure Revealed in Satellite Photographs (para publicarse en la Memoria de la III Conferencia Técnica sobre Huracanes y Meteorología Tropical) - (to be published in the Proceedings of the III Technical Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology).
- FRITZ, S. 1962. Satellite Pictures and the Origin of Hurricane Anna. *Mo. Wea. Rev.*, 90:507-513.
- PALMER, C. E. 1951. *Tropical Meteorology* (Compendium of Meteorology). Boston, Mass., pp. 859-880.
- SADLER, J. C. 1963. Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific as revealed by TIROS Observations. Scientific Report No. 4, Contract No. AF19(604)-6156 Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii.

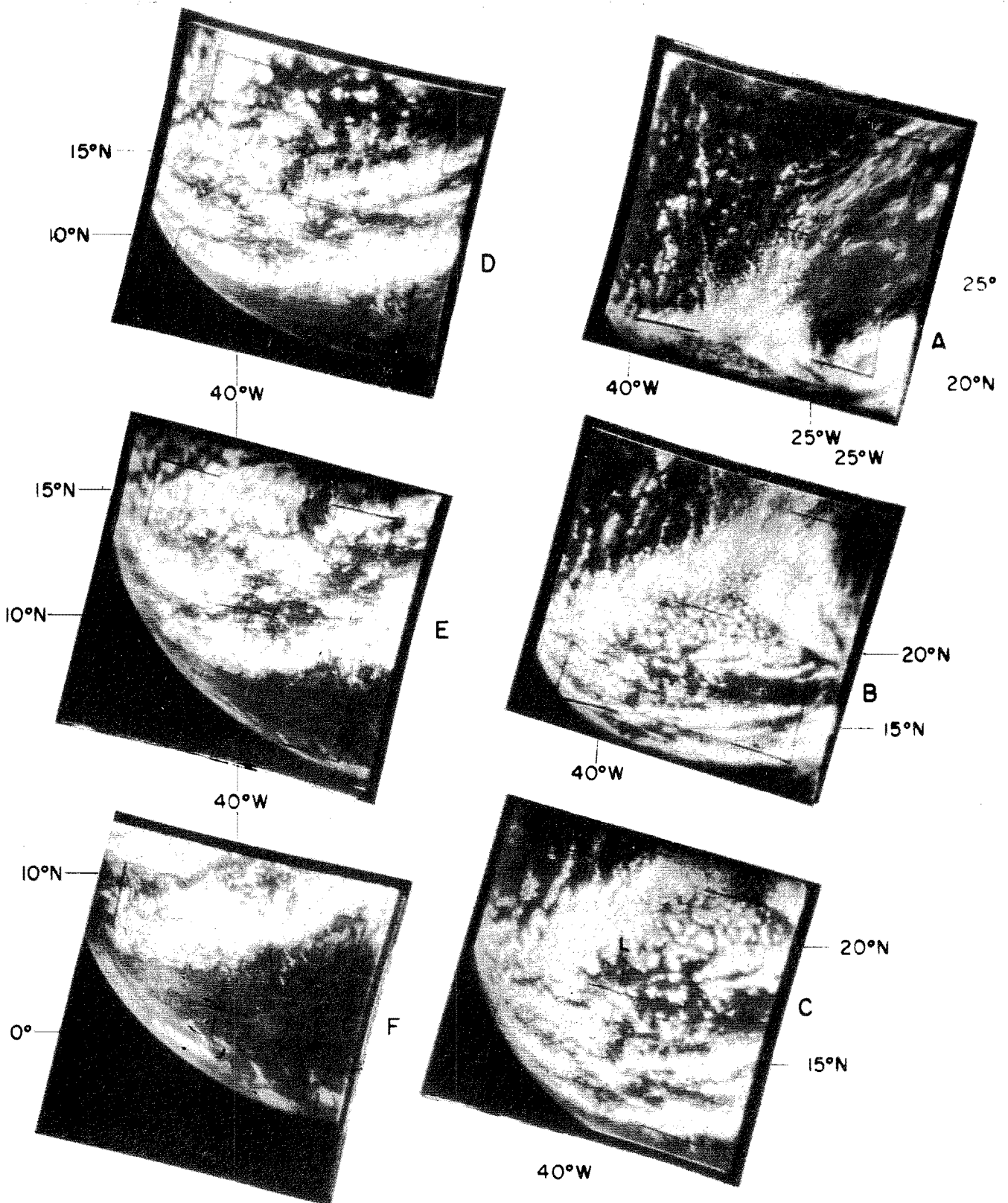
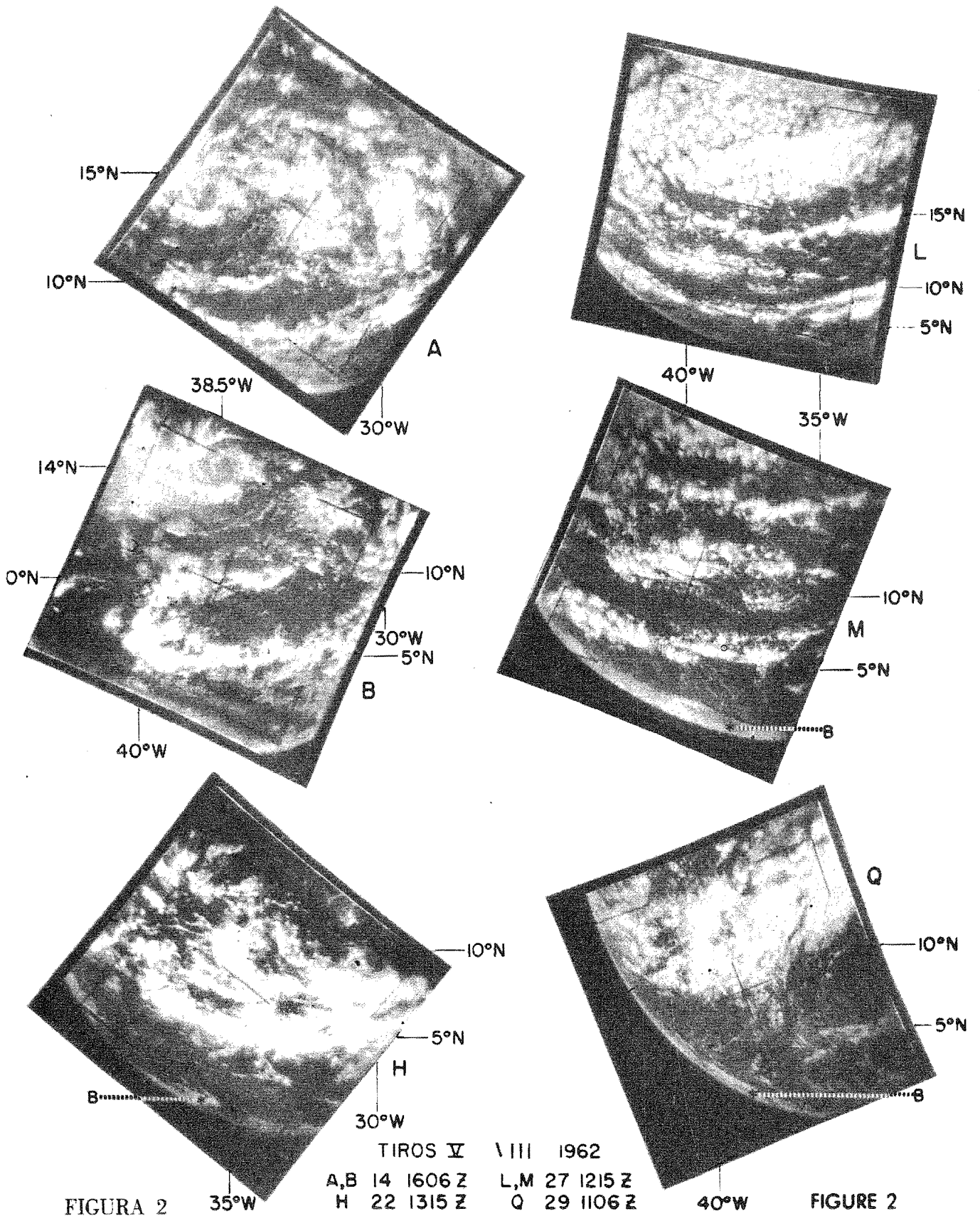


FIGURA 1

TIROS V W1005 (1003)
28 \ III 1962, 1140 Z

FIGURE 1



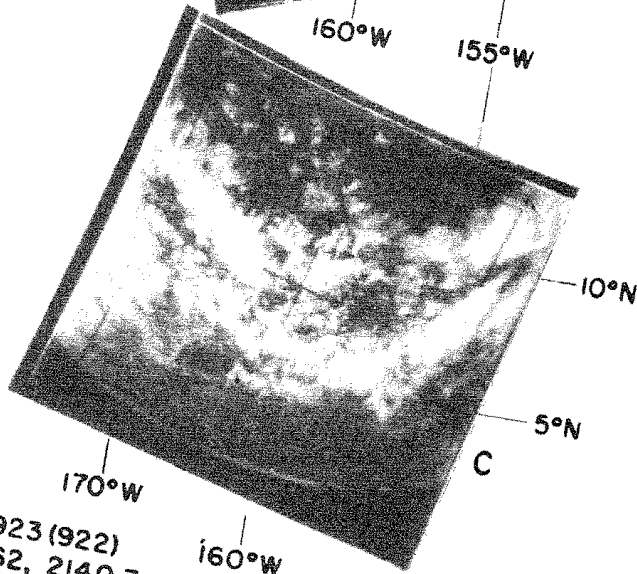
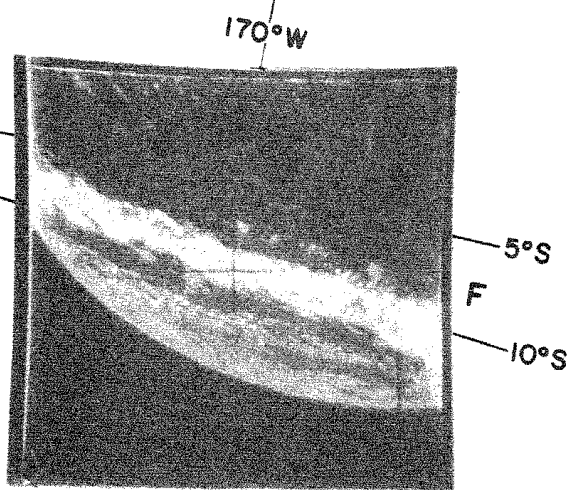
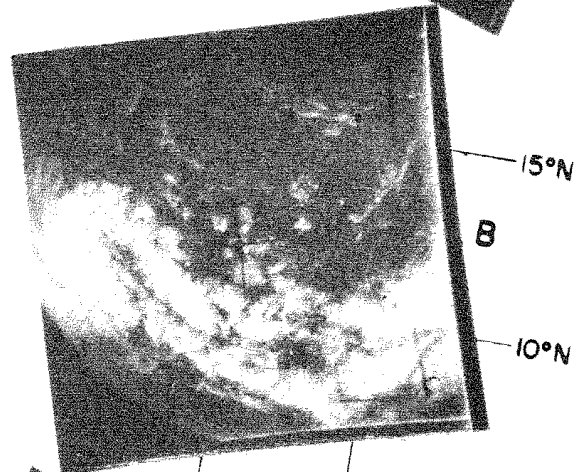
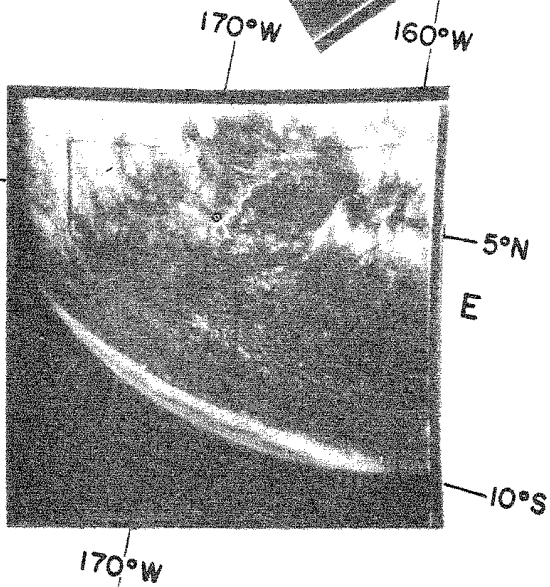
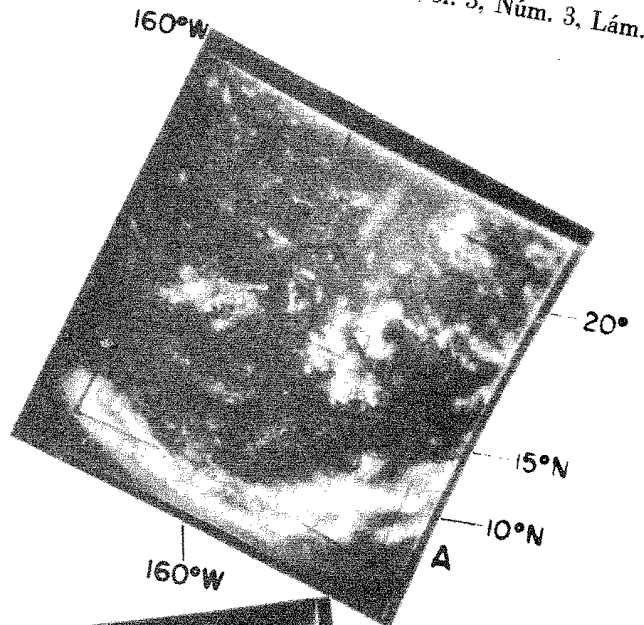
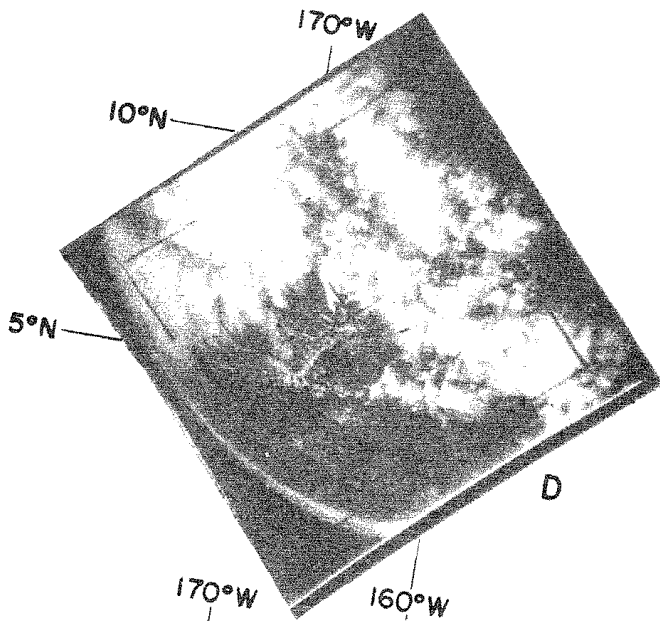


FIGURA 3

TIROS V P923 (922)
22 - VIII - 1962, 2140 Z

FIGURE 3

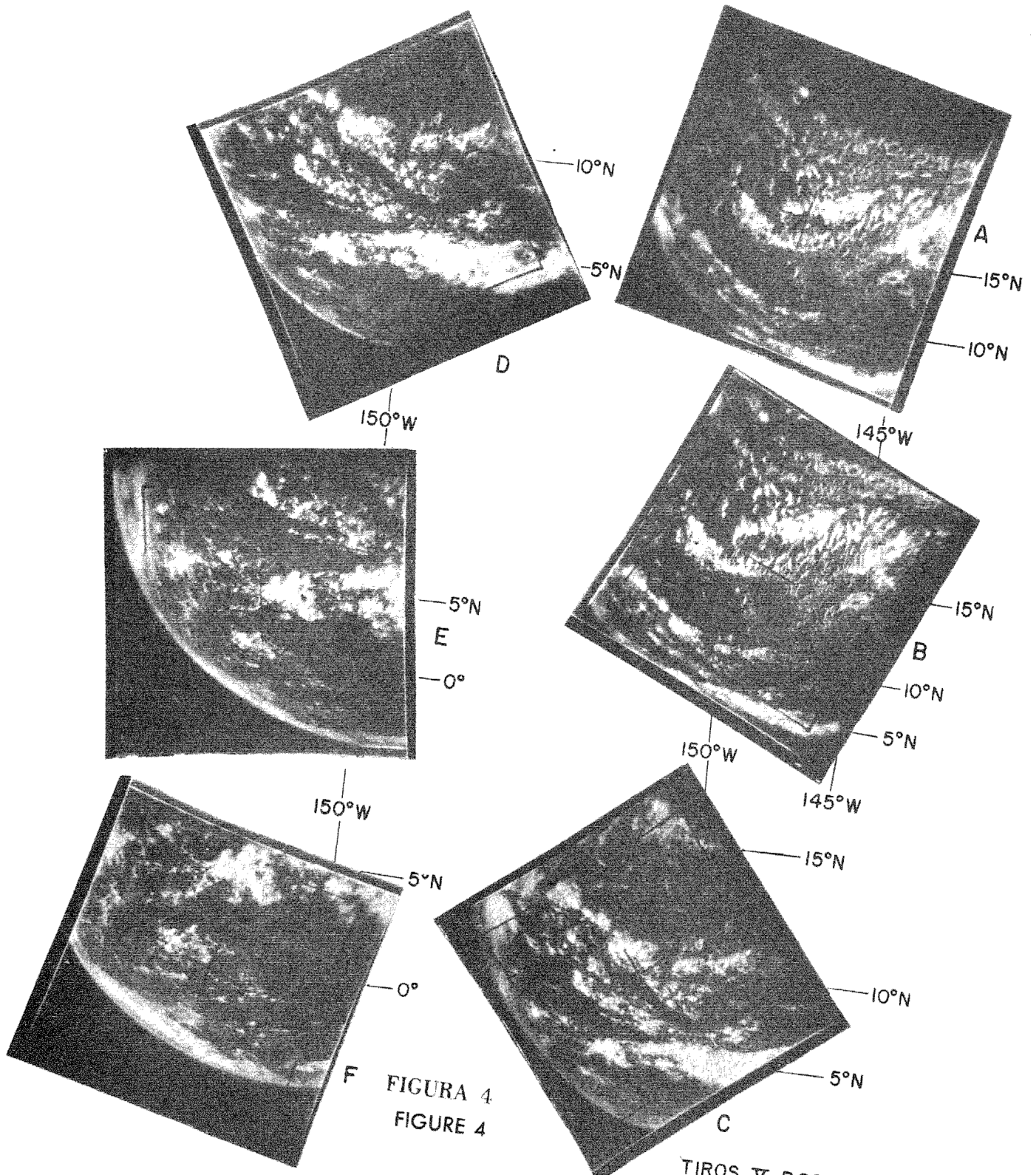


FIGURA 4
FIGURE 4

TIROS V P 951(950)
24-VIII-1962, 2026 Z

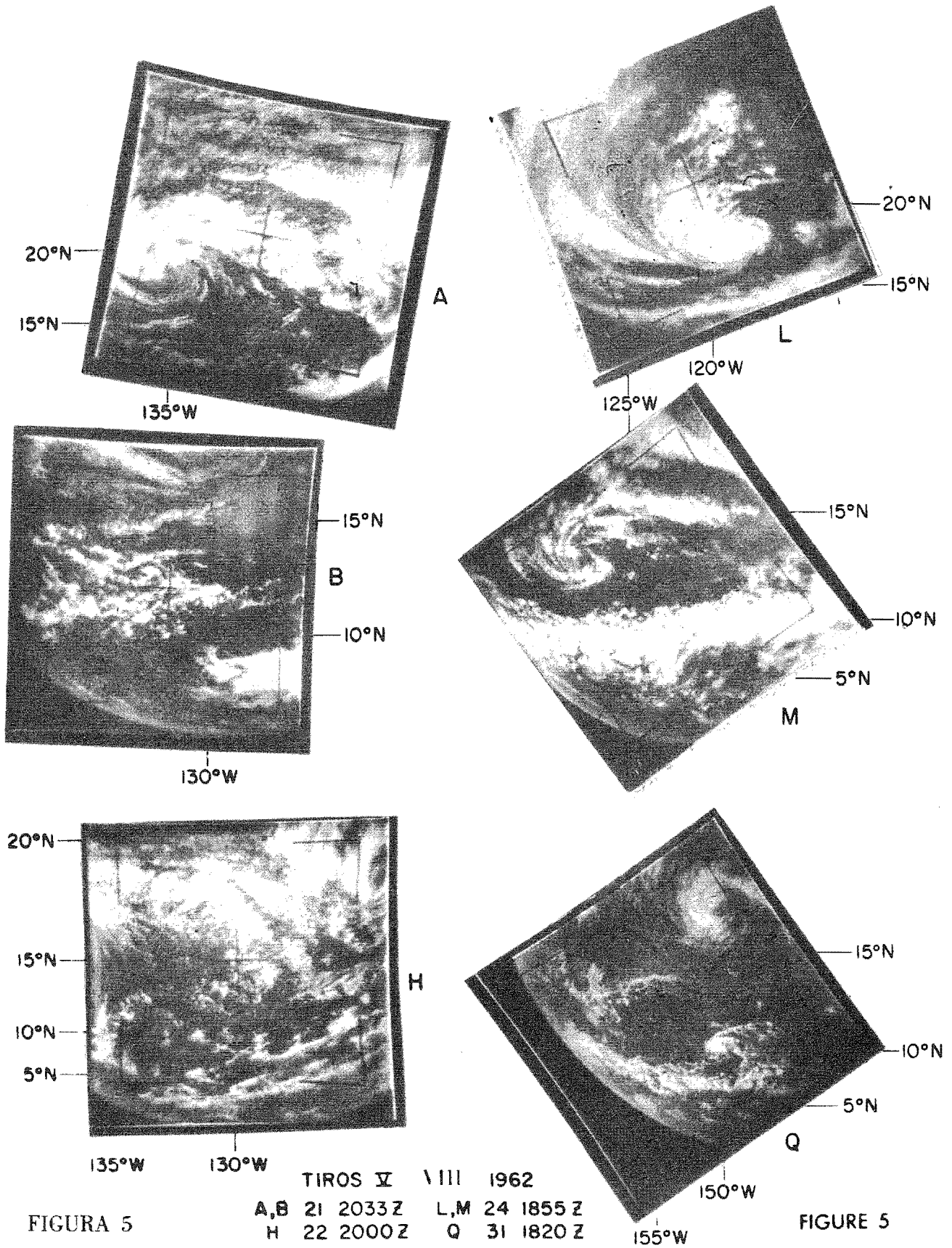


FIGURA 5

FIGURE 5

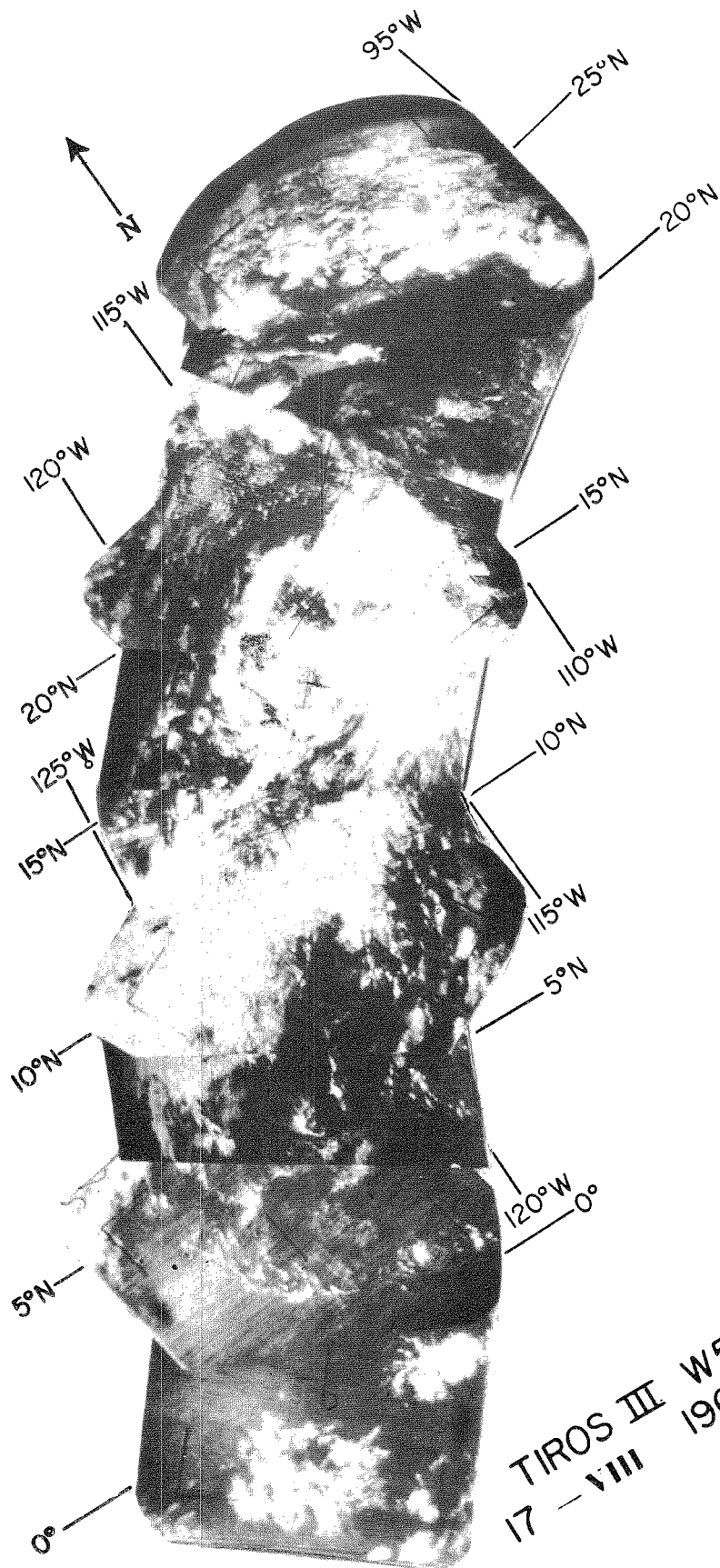
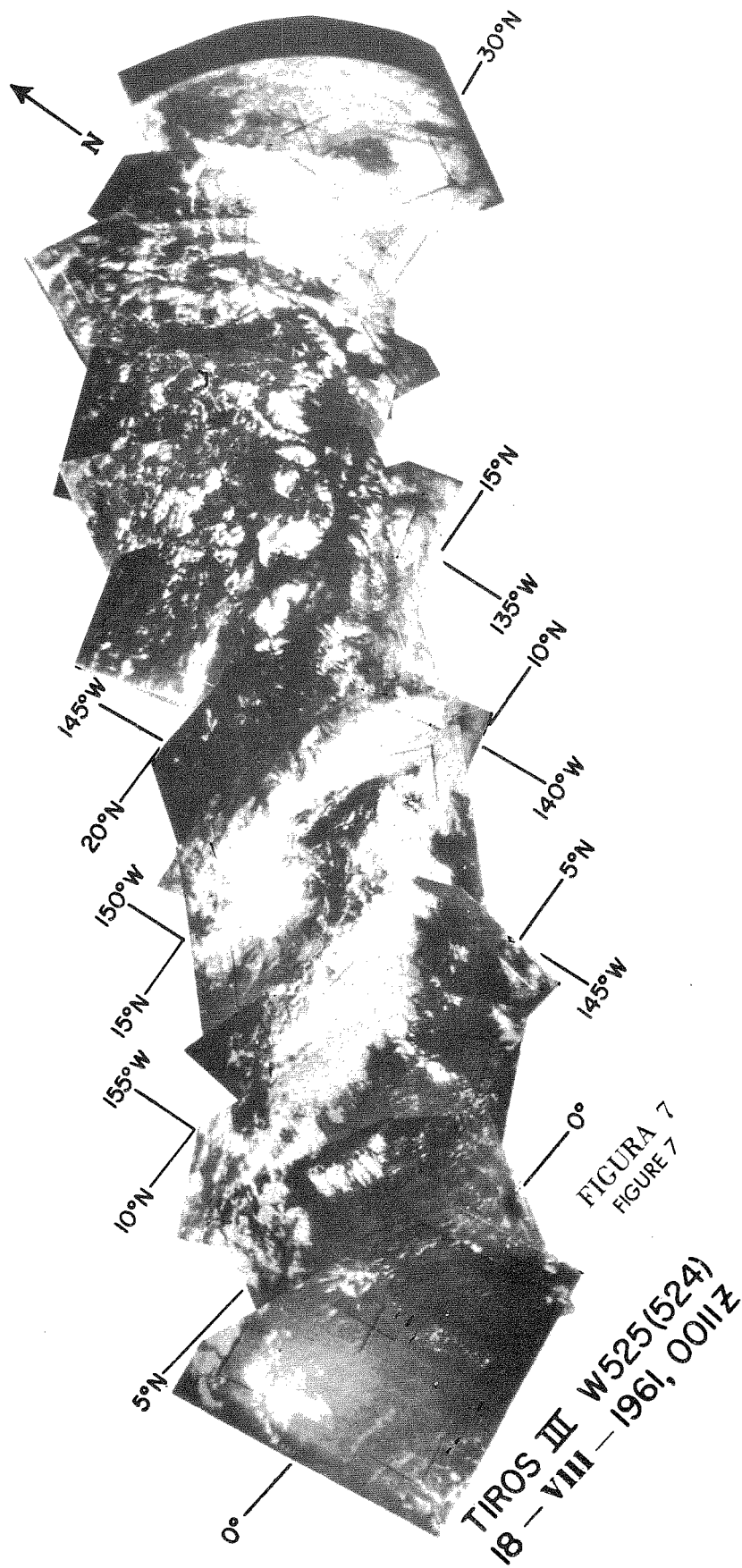


FIGURA 6
FIGURE 6

TIROS III W524 (523)
17 - VIII 1961, 2232 Z



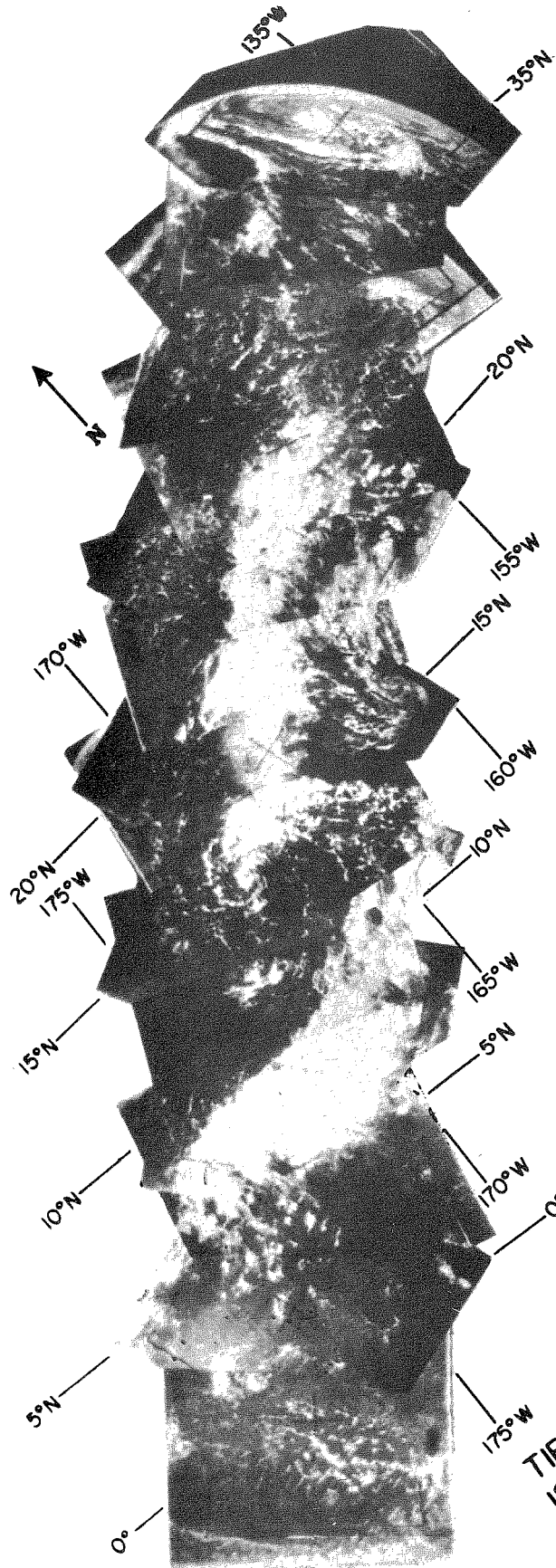


FIGURA 8
FIGURE 8

TIROS III W526(525)
18-VIII-1961, 0152Z

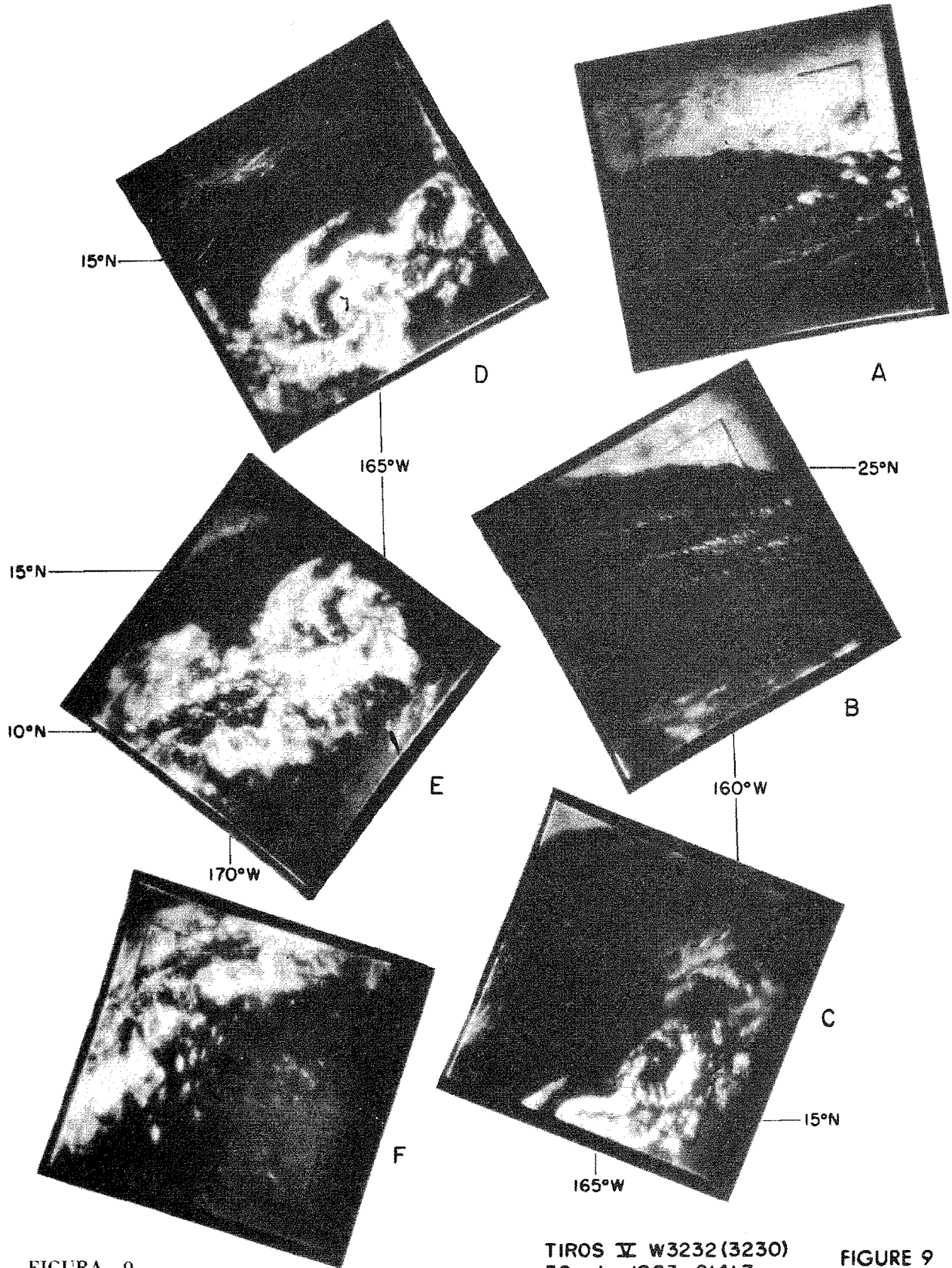


FIGURA 9

TIROS V W3232 (3230)
30 I 1963, 2141Z

FIGURE 9

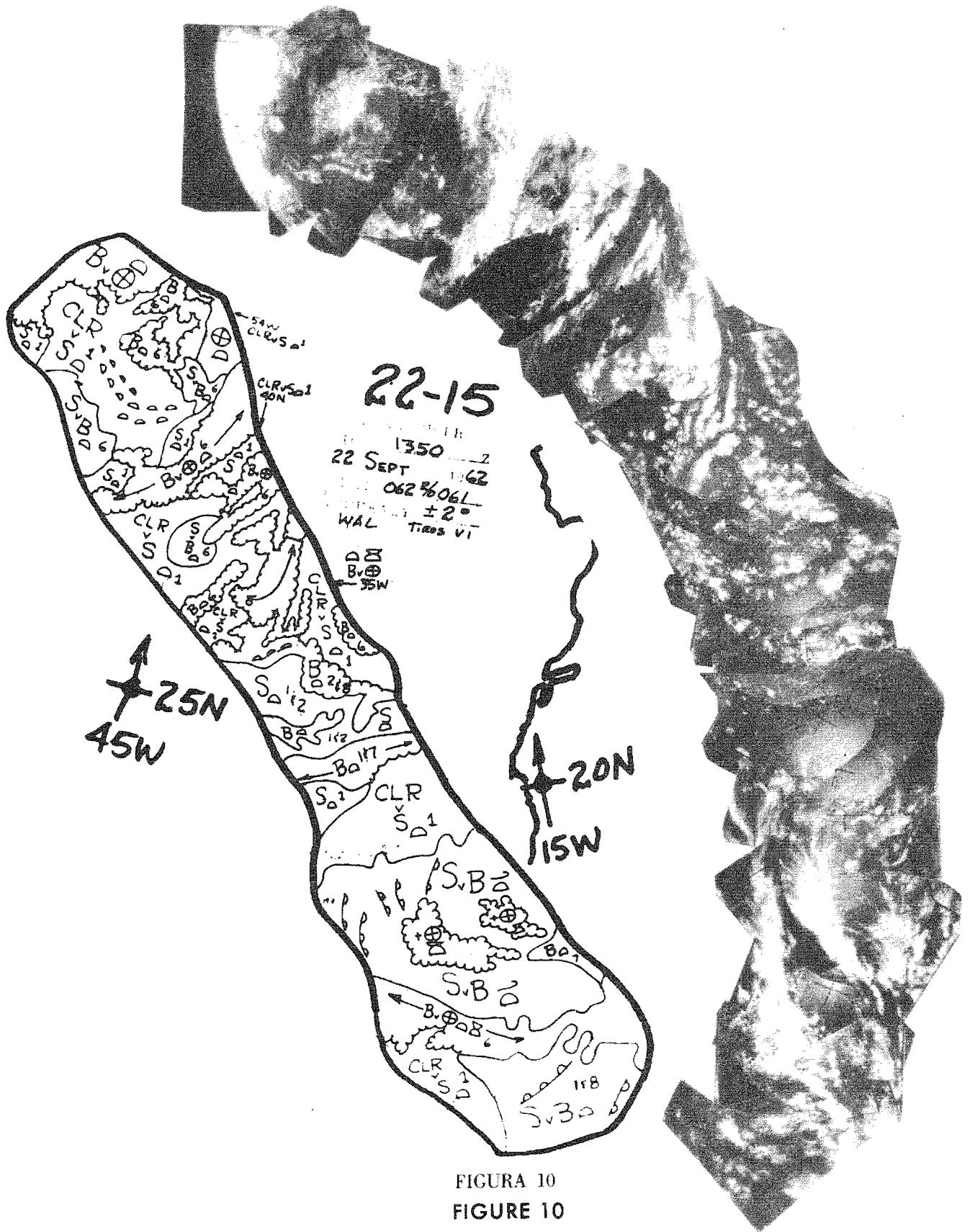


FIGURA 10
FIGURE 10

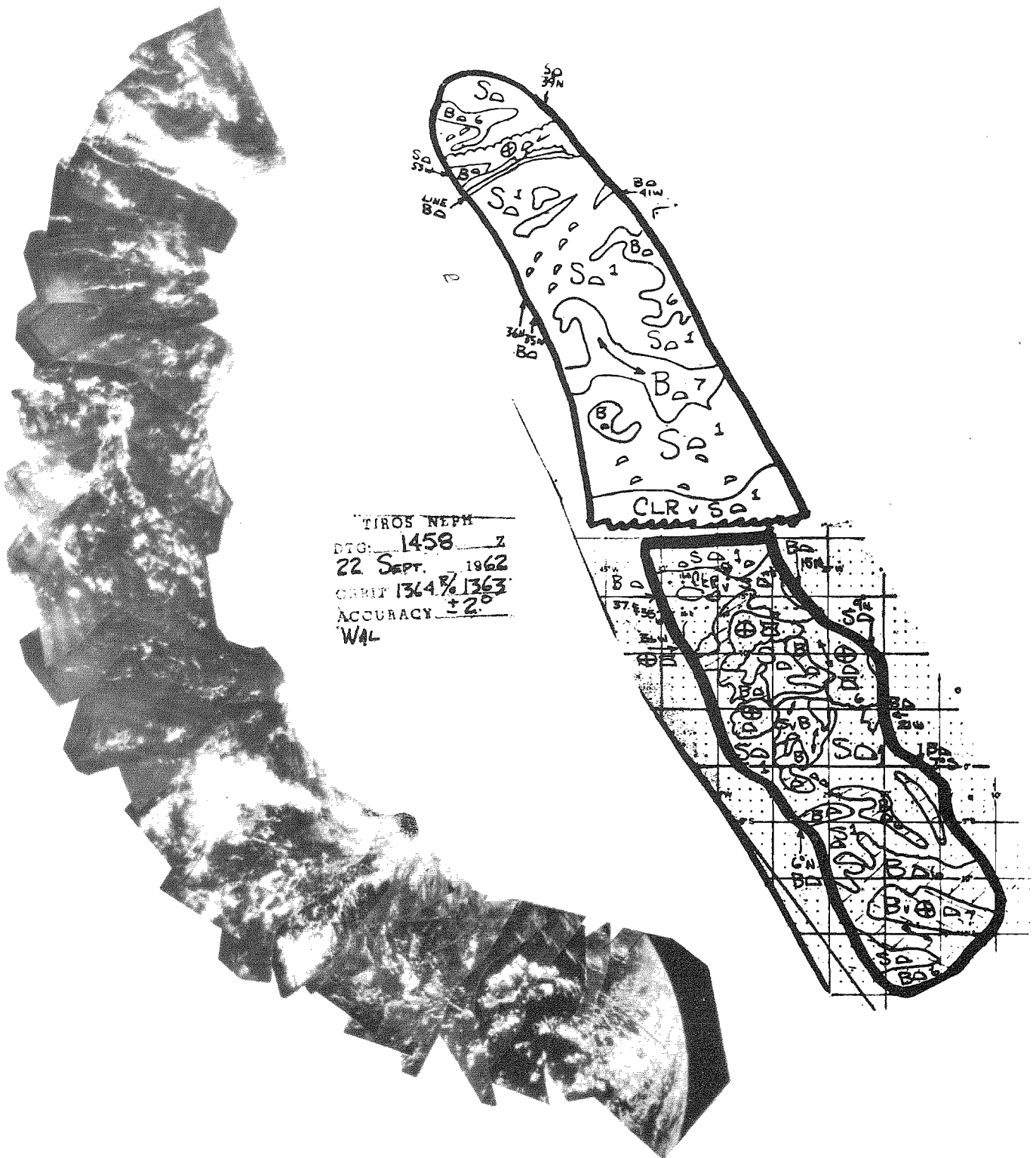
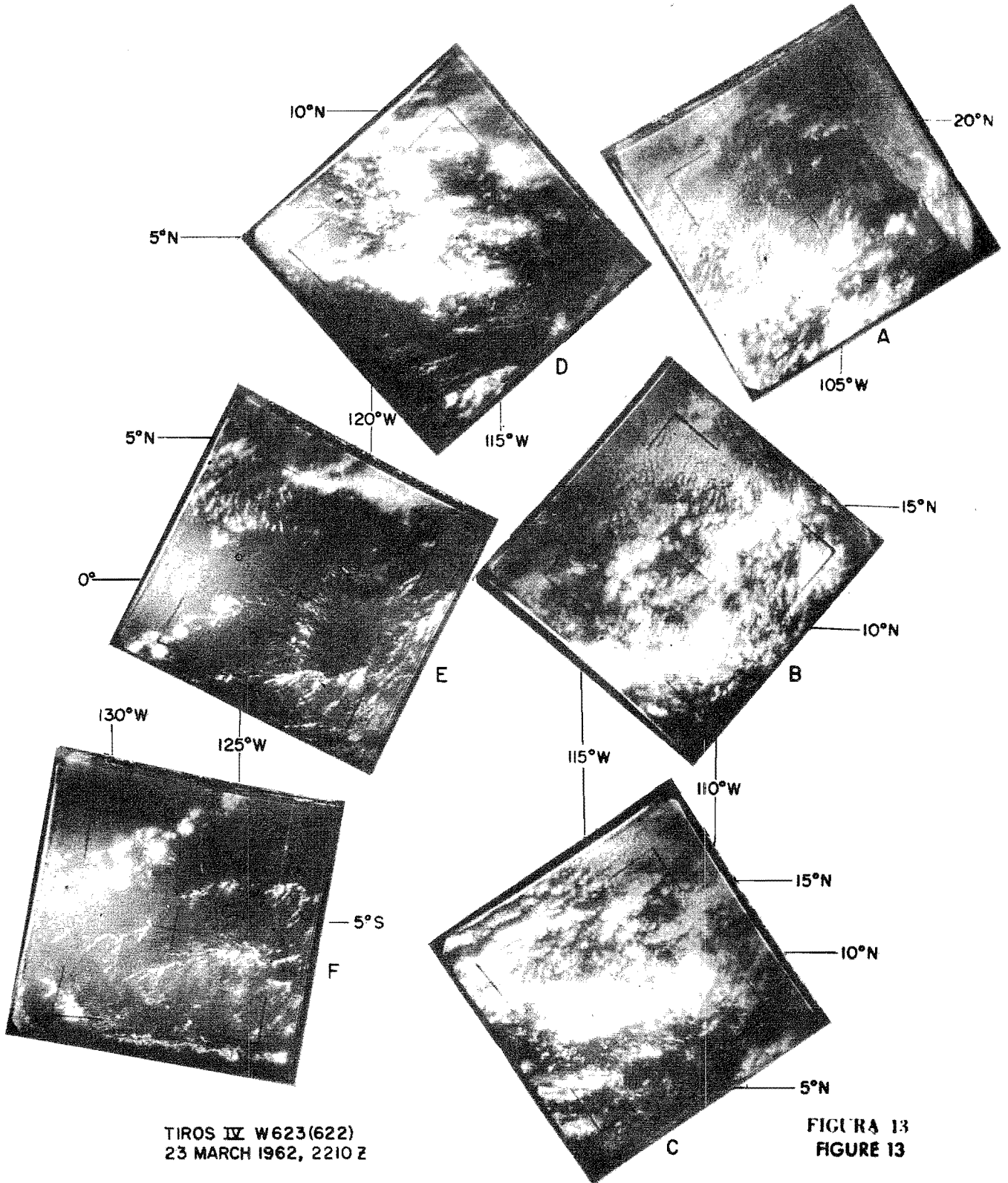


FIGURA 11
FIGURE 11



TIROS IV W623(622)
23 MARCH 1962, 2210 Z

FIGURA 13
FIGURE 13

