

GEOFISICA INTERNACIONAL

REVISTA DE LA UNIÓN GEOFÍSICA MEXICANA, AUSPICIADA POR EL INSTITUTO DE GEOFÍSICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Director: Julián Adem

Subdirector: Manuel Maldonado-Koerdell

Vol. 2

1o. de Abril de 1962

Núm. 2

EL VERANILLO EN PANAMA *

G. R. ELLIS **

RESUMEN

La estación lluviosa en Panamá se interrumpe a menudo por períodos secos que duran de pocos días a unas semanas. En el lado del Atlántico del Istmo los períodos secos son más comunes en Septiembre y Octubre, originando un mínimo secundario de lluvia en Septiembre, mientras que en el lado del Pacífico el mínimo secundario por lo regular llega en Junio o Julio. El tipo de estación temprana se asocia usualmente con vientos septentrionales y el de estación tardía con vientos meridionales. Los dos tipos contrastantes resultan de efectos orográficos, pero la sequedad general se produce por estar el Istmo alejado de la influencia de los mecanismos de convergencia atmosférica en gran escala.

En común con el resto de América Central, Panamá tiene un clima compuesto de dos entidades primarias, la estación lluviosa y la estación seca. Ninguna de estas divisiones es homogénea y especialmente no lo es la larga estación lluviosa, que normalmente dura desde fines de Abril hasta mediados de Diciembre. Generalmente tiene vigoroso principio con Mayo, uno de los meses más lluviosos del año. Agosto es otro mes lluvioso, pero los totales de lluvia más grandes llegan usualmente en Octubre y Noviembre.

El rasgo más conspicuo de la estación lluviosa es el veranillo o estación seca corta (en Panamá la palabra *verano* se usa para la estación seca más bien que para el verano astronómico.) Tradicionalmente el veranillo viene en Julio. Pero, los registros climatológicos detallados muestran que en cualquier momento del período entre Junio y Octubre y a veces aún más tarde, pueden llegar uno o más períodos secos que duran ordinariamente hasta quince días. Estos períodos casi nunca carecen completamente de lluvia, pero se distinguen por lloviecitas ligeras en vez de

* Recibido el 13 de Abril de 1962.

** 1017 Rosewood Ave., Inglewood, Calif., E.U.A.

THE VERANILLO IN PANAMA *

G. R. ELLIS **

ABSTRACT

The rainy season in Panama is often interrupted by dry periods lasting from a few days to several weeks. On the Atlantic side of the Isthmus dry spells are most common in September and October, resulting in a September secondary rainfall minimum, while on the Pacific side the secondary minimum usually comes in June or July. The early-season type is associated with northerly winds, the late-season type usually with southerly winds. The two contrasting types are a result of orographic effects, but the overall dryness is due to the Isthmus being temporarily beyond the influence of large-scale convergence mechanisms.

In common with the rest of Central America, Panamá has a climate composed of two primary entities, the rainy season and the dry season. Neither of these divisions is homogeneous, and especially is this true of the long rainy season which normally lasts from late April to mid December. Usually it has a vigorous beginning with May being one of the rainier months of the year. August, also, is among the rainier months, but the heaviest totals are usually found in October and November.

The most conspicuous feature within the rainy season is the veranillo or little dry season (in Panamá the word *verano* is used for the dry season rather than for the astronomical summer). Traditionally the veranillo comes in July. However, detailed climatological records show that at any time during the period from June through October and sometimes even later there may be one or more dry periods lasting ordinarily up to fifteen days. These spells are practically never entirely rainless but are distinguished by occasional light showers in contrast to the frequent heavy

* Received April 13, 1962.

** 1017 Rosewood Avenue, Inglewood, Calif., U.S.A.

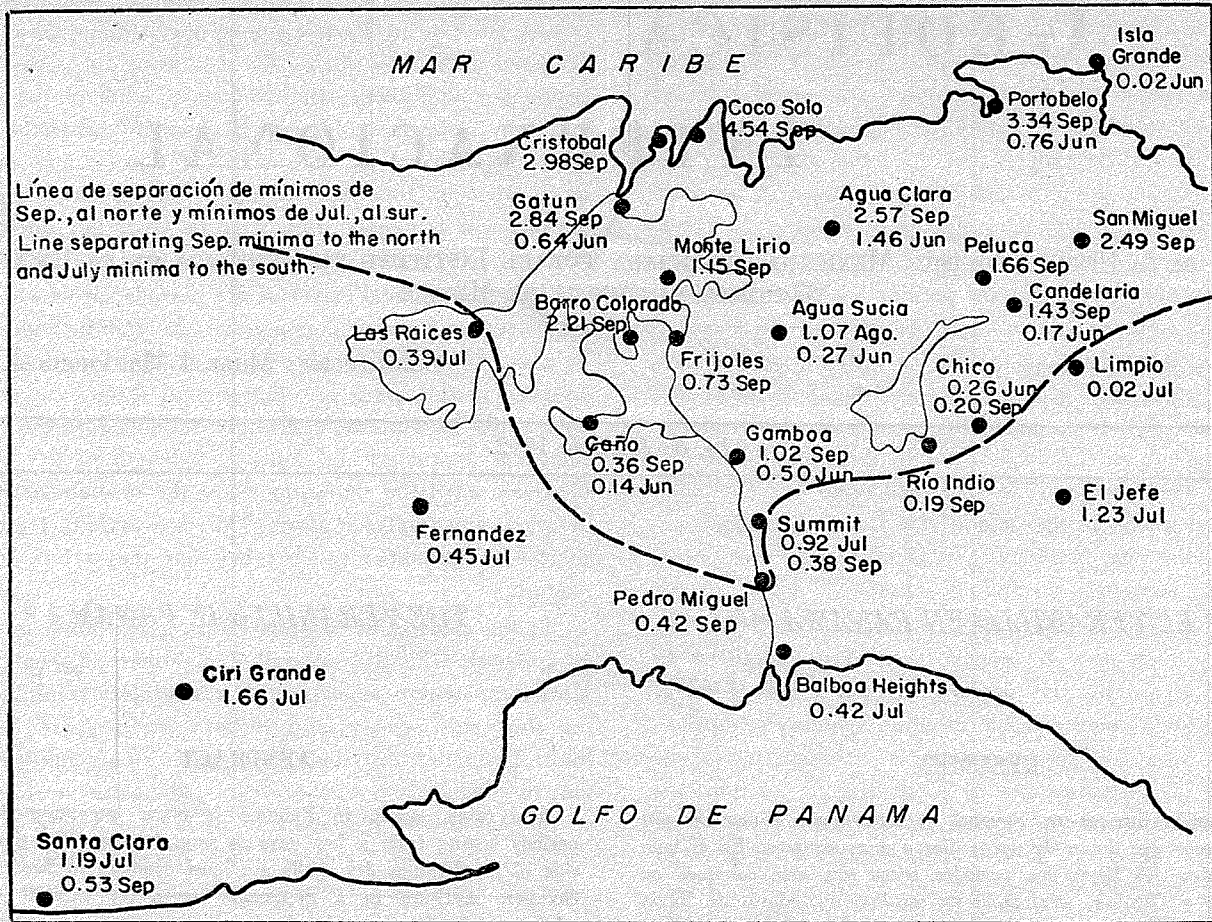


Fig. 1. Mes y amplitud de mínimos secundarios y terciarios de lluvias.

Fig. 1. Month and amplitude of secondary and tertiary rainfall minima.

los frecuentes chaparrones que caracterizan la estación de las lluvias. El término veranillo se usa ahora en el sentido general de cualquier interrupción significativa de la precipitación en la estación de lluvias.

Las estadísticas más accesibles para el estudio del veranillo son los totales medios mensuales de lluvias para períodos de registro de cinco a más de ochenta años. Aunque esos totales delinean burdamente los tipos, a veces ocultan detalles de significación. También, las medias de períodos largos son solamente focos estadísticos de tipos que varían de año en año. Donde hay datos de años individuales ha sido posible construir distribuciones de frecuencias para mostrar la estructura interna de los promedios de registros. Existen valores medios diarios de lluvia para Balboa Heights y Cristóbal, en los dos lados opuestos de la Zona del Canal y estos dan más detalle al cuadro. Además de tales estadísticas el registro completo de totales diarios publicados de 1914 a 1955 fue estudiado en busca de períodos secos conspicuos. Excepto para dos períodos de cuatro días sin lluvias, cinco días fueron la duración mínima considerada. Aunque no fue posible formular una definición objetiva de un período seco en vista de su complejidad en el espacio y el tiempo, algunas generalidades de comportamiento quedaron evidentes.

rains characteristic of the season. The term veranillo is used here in the general sense of any significant interruption in the normal rainy-season precipitation.

The most readily-available statistics for the study of the veranillo have been mean monthly rainfall totals for periods of record from five to over eighty years in length. While such totals delineate the crude pattern they often conceal meaningful detail. Also, the long-period means are but statistical foci of patterns which vary from year to year. When data for individual years are available it has been possible to construct frequency distributions to show the internal structure of the means of record. Mean daily rainfall values were available for Balboa Heights and Cristobal on opposite sides of the Isthmus, and these give added detail to the picture. In addition to these statistics, the entire published rainfall records from 1914 to 1955 were examined for conspicuous dry periods. Except for two almost rainless four-day periods, five days was the minimum length considered. While it was found impossible to formulate an objective definition of a dry spell due to their complex pattern in space and time, certain generalities of behavior became apparent.

Durante los 42 años estudiados se encuentra un total de 90 períodos secos. En el lado del Pacífico ocurrieron más seguido en los meses de Julio, Agosto y Septiembre con casi la misma frecuencia, mientras que en el lado del Atlántico vinieron más a menudo en Septiembre y Octubre. Sequías marcadas en ambos lados del Istmo ocurrieron más frecuentemente en Junio y Octubre. La incidencia fue irregular de un año a otro, pero solamente durante dos años, 1917 y 1943, no hubo alguno que valga ser mencionado.

La extensión geográfica de períodos secos es muy variable, pero resultan más comunes en el lado del Pacífico del Istmo. Cincuenta y cuatro de los noventa períodos estudiados fueron más pronunciados en dicha área, 17 cubrieron todo el Istmo, en tanto que 19 se desarrollaron más fuertemente en el lado del Atlántico. La distribución de frecuencia de duración de los períodos secos está inclinada a los períodos más cortos, siendo el valor medio entre nueve y diez días. En Septiembre y Octubre son más cortos los períodos secos que en Julio y Agosto.

En el análisis de los totales mensuales, se define un mínimo como un mes con menos lluvia que cualquiera de los meses adyacentes. La mayoría de los registros panameños de lluvia muestran un mínimo secundario durante la estación lluviosa y son frecuentes los mínimos terciarios. Puesto que las distribuciones de frecuencia de los mínimos subordinados indican que varían de un año a otro en el mismo lugar (Fig. 4), la estabilidad de la norma como función de longitud del registro fue examinada en Gamboa, donde existen 70 años de observaciones. Después de 22 años, la norma de mínimos resulta ininterrumpida en Junio y Septiembre, siendo la única inestabilidad algunas inversiones ocasionales entre meses de secundarios y terciarios. La longitud de registro necesaria para asegurar estabilidad variará, por supuesto, de una estación pluviométrica a otra, pero parece seguro que los registros de más de 20 años están suficientemente estabilizados para el análisis.

Hay registros disponibles de más de 20 años para 28 estaciones panameñas. En cada una de ellas, la magnitud de mínimos subordinados y el mes de incidencia se avalúan en la Fig. 3, la primera representada por la diferencia entre la lluvia media del mes considerado y el mes menos lluvioso adyacente. Cuando se dan dos cantidades existe un mínimo terciario. Los valores para estaciones con registros de 10 a 20 años están entre paréntesis.

El examen de registros mensuales muestra que hay dos tipos distintos de veranillo. Pueden llamarse el tipo temprano o tipo del Pacífico y el tipo tardío o tipo del Atlántico. El primer tipo es el veranillo clásico. Si se incluyen los secundarios de Junio y Julio en esta categoría, se encontrará este mínimo de estación temprana en todas partes de América Central, así como en el noroeste de América del Sur. Por ejemplo, H. Dieterichs (1952) estudiando períodos húmedos y secos en El Salvador halló un máximo secundario de frecuencia en la incidencia de períodos secos en el mes de Julio. En Panamá central, como se ve en la Fig. 2, el mínimo de estación temprana predomina en la

During the 42 years studied a total of 90 dry spells was catalogued. On the Pacific side of the Isthmus these periods occurred most often during the months of July, August, and September with about equal frequency, while on the Atlantic side they came most often in September and October. Dry spells pronounced on both sides of the Isthmus occurred most often in June and October. The occurrence of dry periods was irregular from year to year, but during only two years, 1917 and 1943, was none found worthy of listing.

The geographical extent of dry periods varies widely, but they are much more common on the Pacific side of the Isthmus. Fifty-four of the ninety studied were most pronounced in this area, 17 were general throughout the Isthmus, while 19 were more strongly developed on the Atlantic side. The frequency distribution of length of dry spells is skewed toward the shorter periods, the median value being between nine and ten days. The dry periods tend to be shorter in September and October than they are in July and August.

In the analysis of monthly totals, a minimum is defined as a month with less rainfall than either adjacent month. Most Panamanian records show a secondary minimum during the rainy season, and tertiary minima are frequent. Since frequency distributions of subordinate minima show that they vary from year to year at the same location (Fig. 4) the stability of the pattern as function of length of record was examined for Gamboa which has recorded 72 years. After 22 years the pattern is an uninterrupted one of June and September minima, the only instability being occasional reversals between the months of the secondary and tertiary. The length of record necessary to establish stability will vary, of course, from station to station, but it seems a reasonable assumption that all records of over 20 years are sufficiently stabilized for analysis.

Rainfall totals are available from 28 Panamanian stations with 20 or more years of record. For each of these the strength of subordinate minima as well as the month of occurrence is evaluated in Figure 3, the former being the difference between the mean rainfall of the month in question and the drier adjacent month. When two figures are given a tertiary minimum exists. Values for stations with records of 10 to 20 years are given in parentheses.

Examination of monthly records shows that there are two distinct types of veranillo. These may be called the early-season or Pacific type and the late-season or Atlantic type. The former is the classical veranillo. If June as well as July secondaries are included in this category. This early-season minimum is widespread throughout Central America as well as north-western South America. For example, H. Dieterichs (1952) studying dry and wet spells in El Salvador finds a July secondary frequency maximum in the occurrence of both continuous and broken dry spells. Over central Panama, as is shown in Fig. 2, the early-season minimum predominates over the southern half of the Isthmus and exists as a

mitad sur del Istmo y existe como terciario en la mitad norte. La distribución mensual característica donde predomina el mínimo de Julio se muestra en Puerto Armuelles, Santa Rosa y Balboa Heights en la Fig. 2.

Los totales medios diarios en los extremos norte y sur de la Zona del Canal, representados por Cristóbal y Balboa Heights, definen las normas más exactamente en tiempo y muestran que en la costa sur la disminución de lluvia empieza al fin de Junio y dura casi hasta el fin de Julio, aunque se encuentra una reaparición durante la primera semana de Julio. En Cristóbal hay un interesante descenso desde aproximadamente el 10 hasta el 15 de Julio, que a la vista del registro de 84 años en esa estación puede ser una reflexión significativa de la sequedad de Julio en la costa sur.

La palabra "veranillo" cuando se aplica al tipo de estación temprana da a entender que no solamente hay una disminución en la lluvia sino también una inversión en otros elementos del tiempo hacia condiciones de estación seca. Los vientos ligeros variables característicos del tiempo en la estación lluviosa típica dan lugar a frescas brisas del norte o noreste. Los ciclos generalmente nublados son reemplazados por condiciones medio nubladas. Sube la temperatura del día y baja la humedad relativa. Aunque tales cambios tienen la suficiente frecuencia para convertirlos en uno de los rasgos del clima, es bien difícil hallar buenos ejemplos en los registros climatológicos y como se demostrará más adelante, no se reflejan en diferencias significativas en la estructura de la masa del aire.

El tipo de mínimo de estación tardía o de Septiembre ha recibido menos atención que el de estación temprana, tal vez porque está limitado geográficamente, pues se restringe al norte de Panamá. Sin embargo, hay una caída hacia el sur a través de la Zona del Canal en la línea de separación entre los dos tipos (Fig. 1). El mínimo de Septiembre predomina aquí por casi toda la distancia a través del Istmo. Esta anomalía probablemente resulta del relieve más bajo de la Zona del Canal. A lo largo de la costa del Atlántico el mínimo de Septiembre es bastante notable, como se ve en las normas de precipitación en Portobelo, Cristóbal y Changuinola (Fig. 2). La distribución de frecuencia del mínimo secundario en Portobelo (Fig. 4) demuestra que pueden suceder en Octubre casi tanto como en Septiembre. En Changuinola, en la costa norte de Panamá occidental, el promedio de lluvia de Octubre es casi tan bajo como el de Septiembre, pero más al este las lluvias fuertes del tipo norte esconden períodos secos en los totales medios. Las lluvias totales de Cristóbal (Fig. 3) muestran una bajada más o menos constante durante todo Septiembre, seguida por una fuerte subida al fin del mes, pero esta norma no se repite en Balboa Heights en la costa sur.

Algunas localidades en el interior muestran combinaciones de los dos tipos y como las distribuciones de frecuencias (Fig. 4), la norma cambia en la misma estación de un año a otro. Así, aun en Portobelo, estación decididamente del tipo Atlántico, el 18 por ciento de los años tienen un mínimo secundario en Julio. La Presa Madden, cerca

tertiary along the northern half. The characteristic monthly distribution where the July minimum predominates is shown by Puerto Armuelles, Santa Rosa, and Balboa Heights in Fig. 2.

The mean daily totals at the north and south end of the Canal Zone as represented by Cristobal and Balboa Heights define the pattern a little more closely in time and show that on the south coast the drop-off begins in late June and lasts almost to the end of July, although there is a resurgence during the first week of July. At Cristobal there is an interesting decrease from about July 10 to 15 which, in view of the 84-year record at that station, may be a significant reflection of the July south-coast dryness.

The term "veranillo" when applied to the early-season type has always implied not only a diminution in rainfall but also a reversion in some degree of the other weather elements to dry-season-like conditions. The light, variable winds characteristic of typical rainy-season weather give way to fresh north to northeast breezes. The largely overcast skies are replaced by partly cloudy conditions. Daytime temperatures rise, and relative humidity drops. Although such changes do occur often enough to be recognized as constituting a feature of the climate, it is surprisingly difficult to find good examples in the climatological records, and, as will be seen later, they are not reflected in significant differences in air-mass structure

The September or late-season minimum has received less attention than the early type. This may be because it is less extensive geographically, being largely restricted to the north side of Panama. There is, however, a dip southward across the Canal Zone in the line separating the two types (Fig. 1), the September minimum here predominating almost all the way across the Isthmus. This anomaly is probably associated with the low relief across the Canal Zone. Along the immediate Atlantic coast the September minimum is quite pronounced, as is shown by the rainfall patterns at Portobelo, Changuinola, and Cristobal (Fig. 2). The Portobelo frequency distribution of secondary minima (Fig. 4) shows that they are almost as likely to occur in October as they are in September. At Changuinola on the north coast of western Panama the October mean rainfall is almost as low as September, but farther east the heavy northern-type rains obscure the dry periods in the mean totals. Mean daily rainfall totals at Cristobal (Fig. 3) show a rather steady decline throughout September followed by a marked upturn near the end of the month, but this pattern is not repeated at Balboa Heights on the south coast.

Some locations, usually inland, show combinations of the two types, and, as the frequency distributions demonstrate (Figure 4), at the same station the pattern will vary from year to year. Thus, even at Portobelo, a strongly Atlantic-type station, 18 percent of the years have a secondary minimum in July. Madden Dam, near the middle of the Isth-

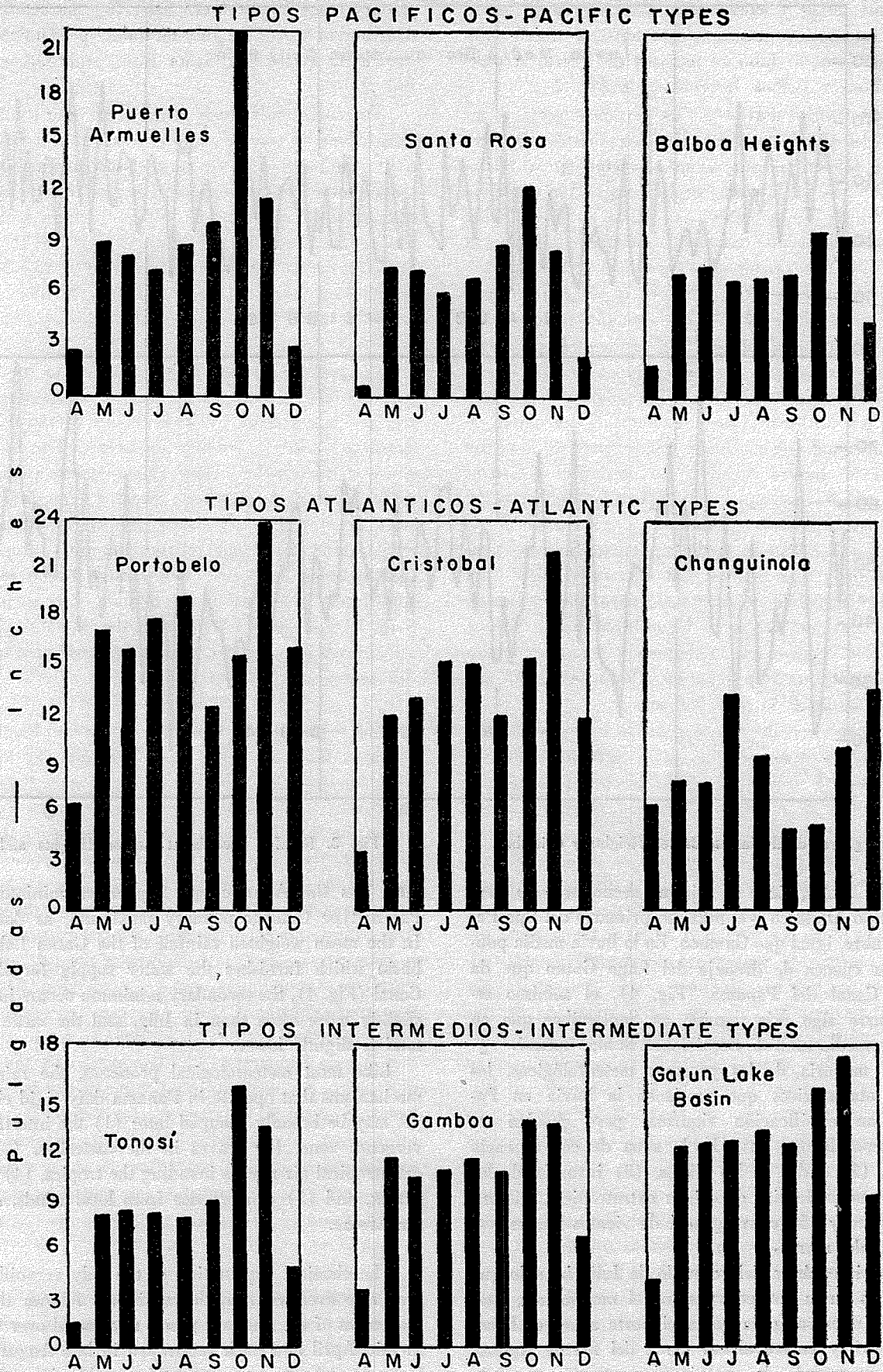


Fig. 2. Lluvia media mensual (Abril-Diciembre) en estaciones escogidas.

Fig. 2. Mean monthly (April-December) rainfall at selected stations.

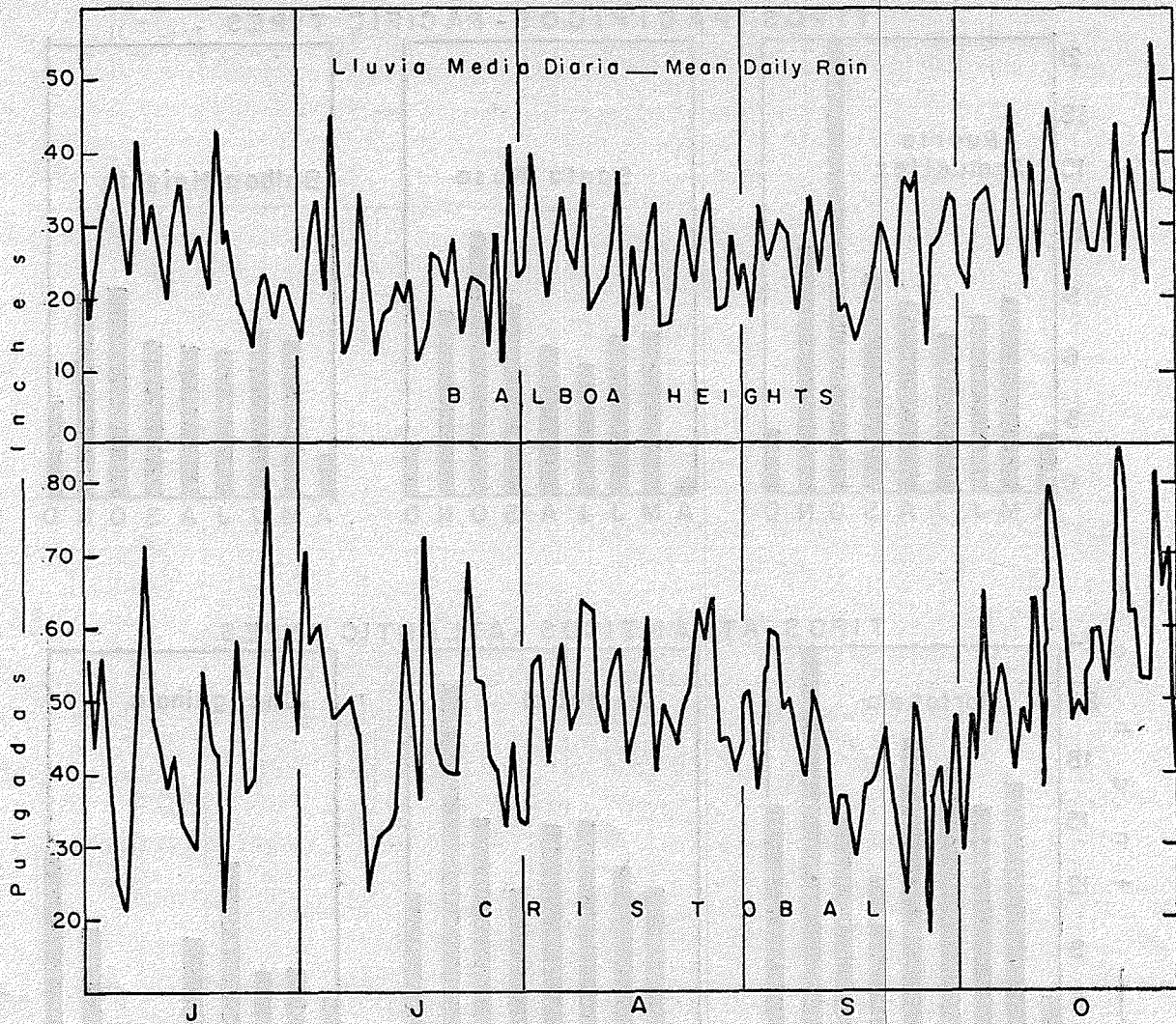


Fig. 3. Registros de lluvias en Balboa Heights y Cristobal.

Fig. 3. Rainfall records at Balboa Heights and Cristobal.

del centro del Istmo, tiene el mínimo secundario de Septiembre del tipo Atlántico y el máximo primario del tipo Pacífico en Octubre, igual que Gamboa. En la lluvia media ponderada de la cuenca de drenaje del Lago Gatun que da el agua al Canal del Panamá (Fig. 4), el mínimo secundario ocurre algo más seguido en Septiembre que en Julio y el promedio total de Septiembre es algo menor.

Como la mayoría de los procesos meteorológicos, los mecanismos atmosféricos que producen la lluvia en Panamá desafían clasificación rigurosa, pero pueden ser agrupados generalmente en: (1) la zona de convergencia intertropical, (2) ondas en los alisios, (3) invasión de los trópicos por masas de aire de origen extratropical, (4) ascenso orográfico y (5) convergencia de vientos locales, como las brisas del mar.

La explicación clásica del veranillo de Julio ha sido que un máximo de lluvia convectiva sigue el movimiento estacional del sol mientras pasa hacia el norte sobre el Istmo al mediar Abril y vuelve al sur cerca del fin de Agosto. Admitiendo un retardo de aproximadamente un mes, ello daría un máximo de lluvia en Mayo y Octubre con un mínimo primario después del solsticio invernal y un mínimo

mus, has the Atlantic-type September minimum but the Pacific-type October primary maximum, as does Gamboa. In the mean weighted rainfall of the Gatun Lake drainage basin which furnishes the water supply for the Panama Canal (Fig. 4), the secondary minimum occurs in September slightly more often than in July, and the mean September total is slightly lower.

Like most meteorological processes, the rain-producing mechanisms that operate in Panama defy rigid classification yet may be broadly grouped into: (1) the intertropical convergence zone, (2) waves in the easterlies, (3) modified extratropical air masses invading the tropics, (4) orographic lifting, and (5) convergence from local winds, such as the sea breeze.

The classical explanation of the July veranillo has been that a convective rainfall maximum follows the seasonal movement of the sun as it passes northward over the Isthmus in mid April and back southward in late August. Allowing for a lag about one month this would give rainfall maxima in May and October with a primary minimum following the winter solstice and a secondary minimum after the

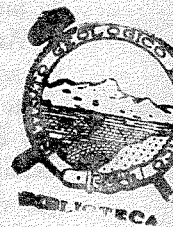
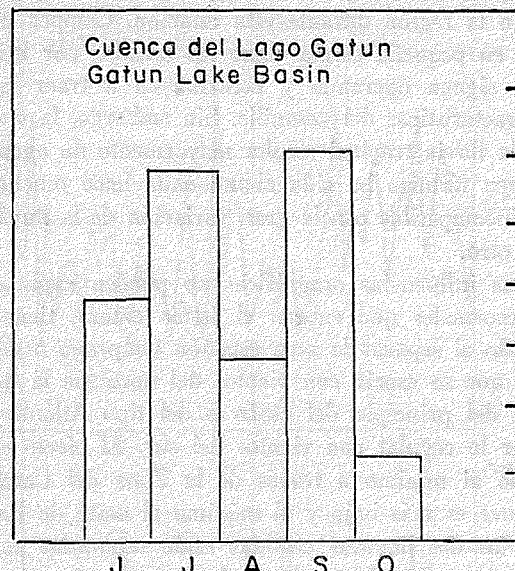
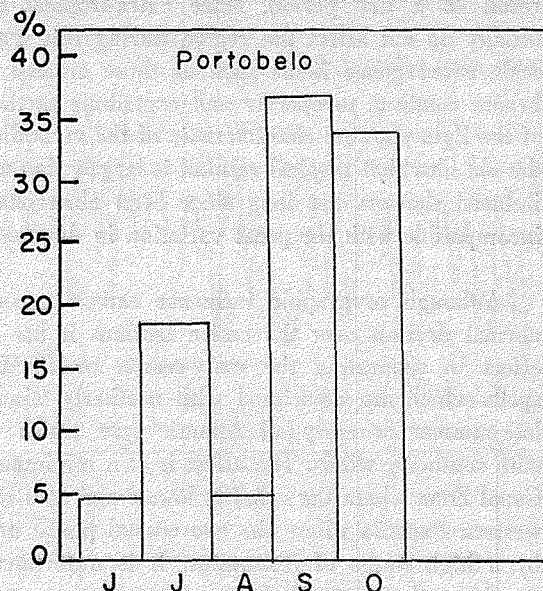
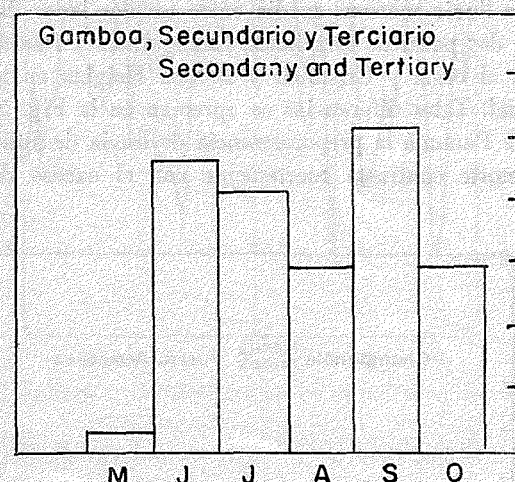
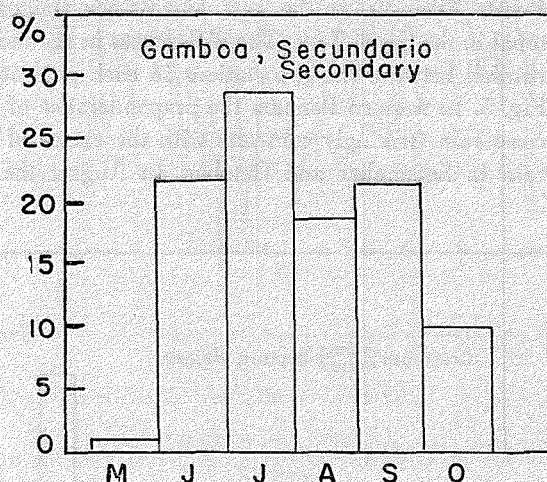


Fig. 4. Frecuencia en porcentaje de mínimos secundarios de lluvias, 1914-1955.

Fig. 4. Percentage frequency of secondary rainfall minima, 1914-1955.



secundario estival, más o menos en Julio. En efecto, esto es aproximadamente la norma que existe. De todos modos, es evidente de una consideración del flujo de vientos que la zona de convergencia intertropical no pasa al norte del Istmo en la estela del sol y vuelve al sur en Octubre, como se podría esperar a base de consideraciones puramente astronómicas. Es verdad que algunas autoridades colocan la posición media de la zona de convergencia al norte de Panamá en el verano. Sin embargo, el viento a través del Istmo en Junio, Julio y Agosto es predominantemente del noreste, un hecho incompatible con la posición del cinturón de más baja presión en superficie al norte de Panamá durante el verano. En las cartas sinópticas preparadas rutinariamente en el área de Panamá es raro hallar la zona de convergencia intertropical colocada al norte del Istmo durante los meses de verano. Los vientos del sur no prevalecen hasta Septiembre y Octubre, cuando se halla la zona de convergencia a menudo al norte del Istmo.

En general, se puede decir que la influencia de la zona de convergencia intertropical dará por resultado un período

summer solstice, roughly in July. This does, in fact, approximate the actual pattern. However, it is obvious from a consideration of wind flow that the intertropical convergence zone does not pass north of the Isthmus in the wake of the sun and southward in October as would be expected from purely astronomical considerations. It is true that some authorities place the mean position of the convergence zone north of Panamá in summer. Yet the wind across the Isthmus in June, July, and August is predominantly from the northeast, a fact inconsistent with the belt of lowest pressure at the surface being north of Panamá during these months. In the routinely prepared synoptic maps of weather stations in the Panamá area it is unusual to find the intertropical convergence zone drawn north of the Isthmus during the summer months. It is not until September and October that southerly winds predominate and the convergence zone is frequently found to the north of the Isthmus.

In general it may be said that absence of easterly waves of the influence of the intertropical convergence zone will

seco, puesto que los disturbios extratropicales por lo regular no afectan la región durante esta estación. Campos de convergencia en pequeña escala como los creados por brisas del mar, siguen operando y contribuyen a traer las lloviecitas características del veranillo. Sin embargo, la vieja idea que la lluvia tropical resulta mayormente de aguaceros de origen térmico ha sido abandonada hace mucho, pues resulta incompatible con la gran variación de la lluvia de un día a otro.

Aunque las influencias orográficas no pueden explicar las sequías anormales que cubren el Istmo entero, tienen efecto profundo al separar la seca estación temprana o del tipo Pacífico que se asocia con vientos del norte de la estación tardía del principio del otoño o del tipo Atlántico que viene por lo regular con vientos del sur. El efecto se halla reducido al mínimo a través de la Zona del Canal donde el relieve es más bajo y al máximo al oeste de Panamá donde las dos llanuras costeras están separadas por una alta cordillera. Por desgracia, la falta de registros largos en el este de Panamá impide el estudio de aquella región. Se pueden ilustrar ambos extremos comparando las diferencias de lluvia mensual media entre los dos lados del Istmo usando dos pares de estaciones, Changuinola y Puerto Armuelles en el oeste y Cristóbal y Balboa Heights en la Zona del Canal. Tales diferencias se aprecian en la Fig. 5. En el oeste de Panamá la preponderancia de lluvia de Julio en la costa norte contrasta fuertemente con el exceso de

result in a dry period, since extra-tropical disturbances usually do not affect the region during this season. Small-scale convergence fields such as those created by the sea breeze continue to operate and contribute to the formation of the light showers characteristic of the veranillo. However, the old idea that tropical rainfall is largely due to thermally-induced showers has long since been abandoned as being incompatible with the great variation in day-to-day rainfall.

Although orographic influence cannot account for abnormal dryness over the entire Isthmus it has a profound effect in separating the early-season or Pacific-type dry spells which are associated with northerly winds from the late-summer or early-fall Atlantic type which occur often with southerly winds. The effect is at a minimum across the Canal Zone where the relief is lowest and at a maximum in western Panama where the two coastal plains are separated by a high range of mountains. It is unfortunate that the paucity or long records from eastern Panama prevent study of that area. The two extremes may be illustrated by the rainfall patterns at two pairs of stations, Changuinola and Puerto Armuelles in the west, and Balboa Heights and Cristobal in the Canal Zone. The differences in the mean monthly rainfall between the two stations in each pair are shown in Fig. 5. In western Panama the preponderance of July north-coast rain strikingly contrasts with the excess of south-coast rain in September and October. In August the rainfall is

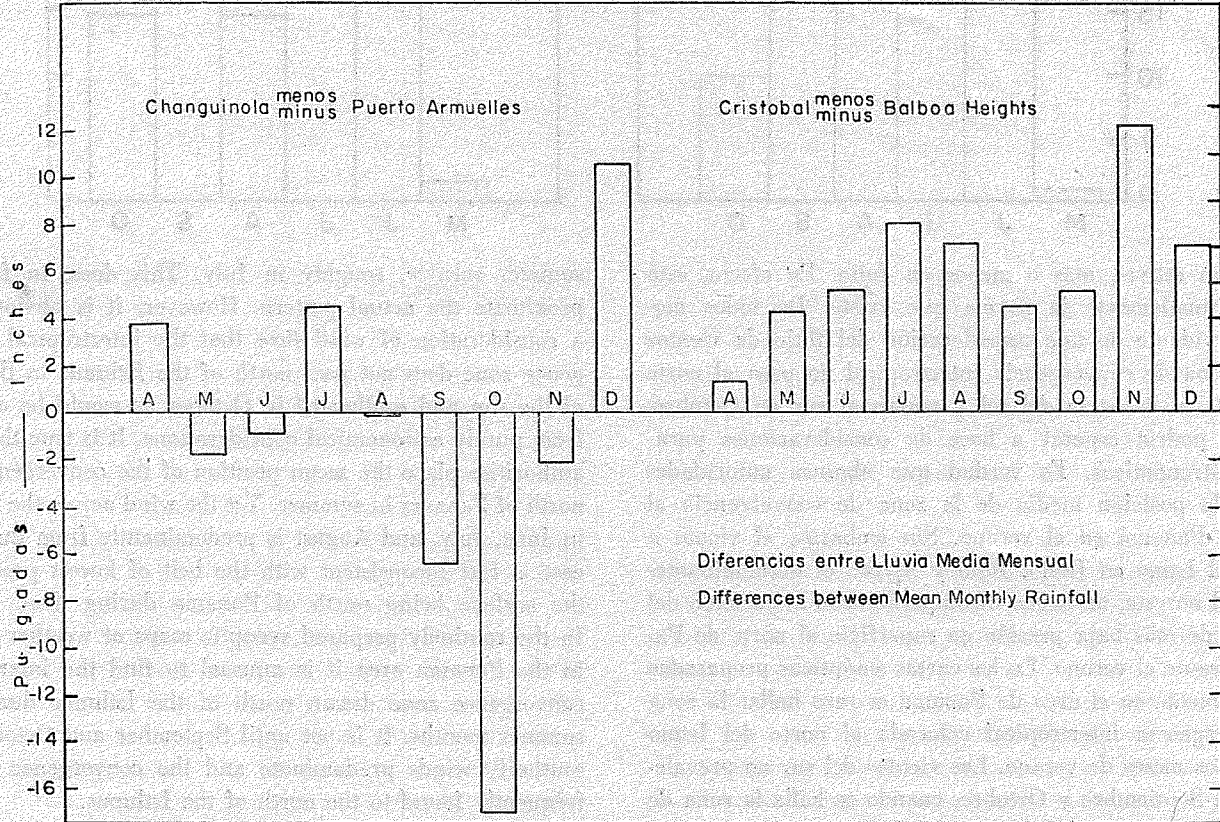


Fig. 5. Registros diferenciales en Puerto Armuelles y Balboa Heights.

Fig. 5. Differential records at Puerto Armuelles and Balboa Heights.

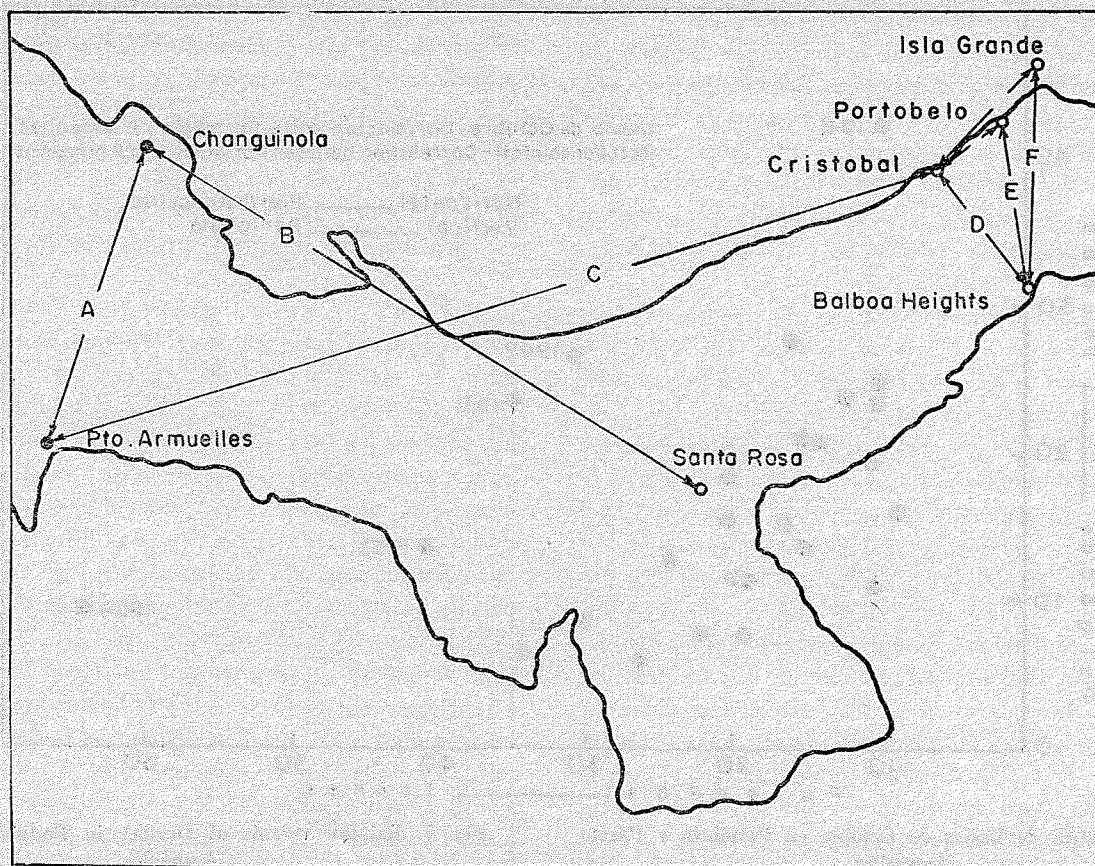


Fig. 6. Correlación entre

Fig. 6. Correlation between

	Mes—Month	Años—Years	Valor—Value
A. Changuinola ^y and Puerto Armuelles	Julio—July	11	—0.11
	Agosto—August	24	—0.47
B. Changuinola ^y and Santa Rosa	Julio—July	14	—0.33
C. Puerto Armuelles. ^y and Cristobal	Octubre—October	25	—0.38
D. Cristobal. ^y and Balboa Heights	Julio—July	43	0.30
	Septiembre—September	27	0.22
	Octubre—October	—	0.30
E. Portobelo ^y and Balboa Heights	Julio—July	45	0.21
F. Isla Grande ^y and Balboa Heights	Septiembre—September	27	—0.08
G. Cristobal ^y and Portobelo	Julio—July	45	—0.64
H. Portobelo ^e and Isla Grande	Julio—July	—	0.87
I. Cristobal ^e and Isla Grande	Julio—July	27	0.33
	Septiembre—September	27	0.26

lluvia en la costa sur del Pacífico en Septiembre y Octubre. En Agosto la lluvia es casi igual en las dos costas de acuerdo con los vientos del norte y del sur distribuidos en proporciones casi iguales durante un mes que tiende a ejercer la función de pivote entre dos regímenes opuestos. En la Zona del Canal la lluvia media mensual siempre es más alta en el lado norte, pero las proporciones siguen la misma norma que en el oeste, recibiendo el lado del norte relativamente más lluvia en Julio y menos en Septiembre.

about the same on both coasts, consistent with the northerly and southerly winds being more equally distributed during this month which tends to act as a fulcrum between the two opposed regimes. In the Canal Zone the mean rainfall is always heavier on the north side, but the proportions follow the same pattern as in the west, the north side getting relatively the most rain in July and the least in September.

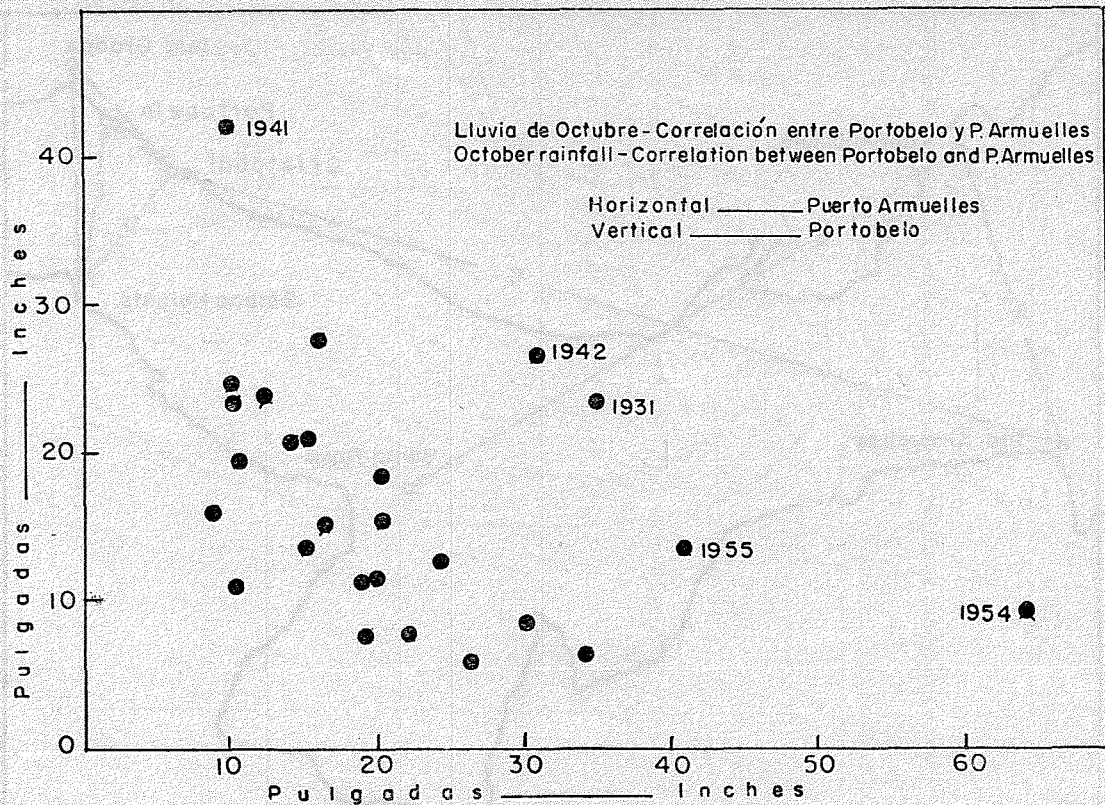


Fig. 7. Registros de lluvias de Octubre en Portobelo y Puerto Armuelles.

Fig. 7. Rainfall records of October in Portobelo and Puerto Armuelles.

El efecto orográfico se puede evaluar considerando la correlación entre totales mensuales simultáneos de lluvias para varias estaciones panameñas (Fig. 6). Se puede interpretar una correlación negativa entre dos estaciones como una distribución de lluvia determinada primariamente por efectos orográficos de signo opuesto. Una correlación positiva existe donde el efecto orográfico tiene menos influencia que las semejanzas del clima. En los meses estudiados, estaciones en lados opuestos del Istmo muestran correlaciones negativas excepto a través de la Zona del Canal, en tanto que como puede verse estaciones adyacentes en el mismo lado muestran correlación positiva alta.

La Figura 7 muestra la relación entre la lluvia en Puerto Armuelles y en Portobelo en Octubre, mes del viento meridional máximo. Ambos lugares tienen alta lluvia anual, aumentada por obstáculos orográficos. En Puerto Armuelles viene un fuerte máximo, en Octubre, sin duda de origen orográfico. El diagrama de distribución muestra que la correlación inversa es mayor durante los meses de lluvia anormalmente alta en una de las dos estaciones, especialmente en 1941 y 1954.

Los promedios climatológicos panameños apoyan la explicación de Alpert (1945, 1946) y Garbell (1947) del veranillo de Julio como resultado de una reintensificación del anticiclón subtropical del Atlántico. Los mapas de medias de superficie muestran un movimiento hacia el sur y oeste del fondo de la "alta" del Atlántico de Julio comparado a Junio y Agosto (Fig. 8). Los promedios de presión barométrica muestran un máximo secundario en Julio, aunque esta nor-

The orographic effect may also be evaluated by considering the correlation between simultaneous monthly rainfall totals for various Panamanian stations (Fig. 6). A negative correlation between two stations can be interpreted as a rainfall distribution primarily determined by orographic effects of an opposite sign. A positive correlation exists where the orographic effect is of less importance than climatic similarities. For the months correlated, stations on opposite sides of the Isthmus show negative correlations except across the Canal Zone, while, as would be expected, nearby stations on the same side show rather high positive correlation.

Figure 7 shows the relationship between the rainfall at Portobelo and Puerto Armuelles in October, the month of maximum southerly wind flow. Both of these stations have high annual rainfall, augmented by orographic barriers. At Puerto Armuelles there is a strong October maximum, undoubtedly of orographic origin. The scatter diagram shows that the inverse correlation is best during months of abnormally high rainfall at one of the stations, such as in 1941 and 1954.

Panamanian climatological means support the explanation given by Alpert (1945, 1946) and Garbell (1947) of the July veranillo being due to a temporary reintensification of the Atlantic subtropical anticyclone. Mean maps show a southward and westward movement of the bottom of the Atlantic "high" in July as compared with the adjacent months of June and August (Fig. 8). Sea level barometric means show a secondary maximum in July, although this pat-

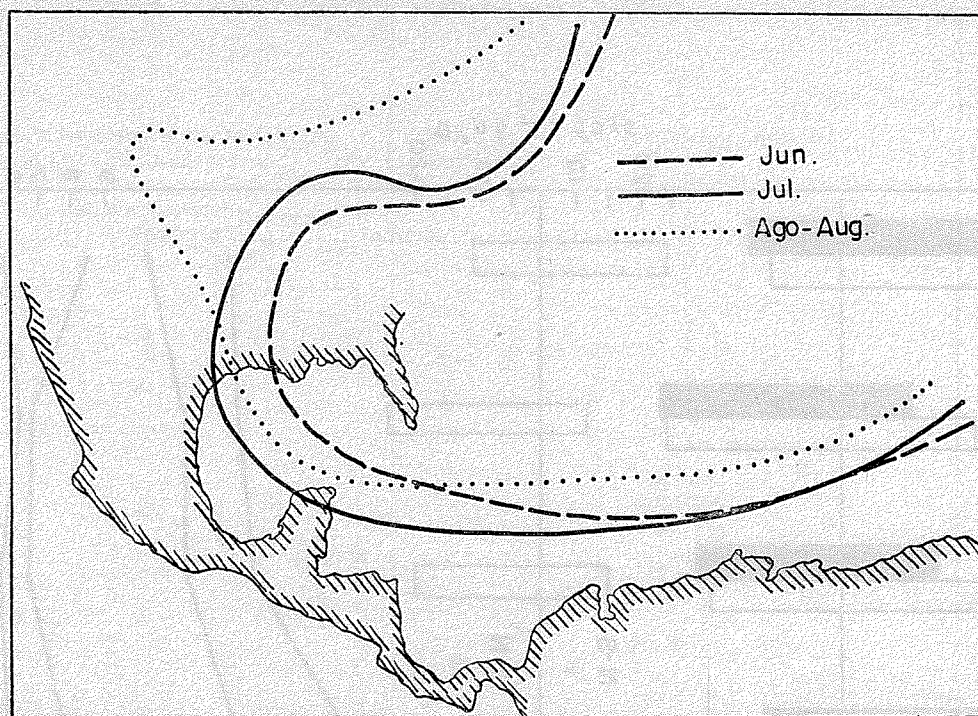


Fig. 8. Posición media de la isobara de 1015 mb.

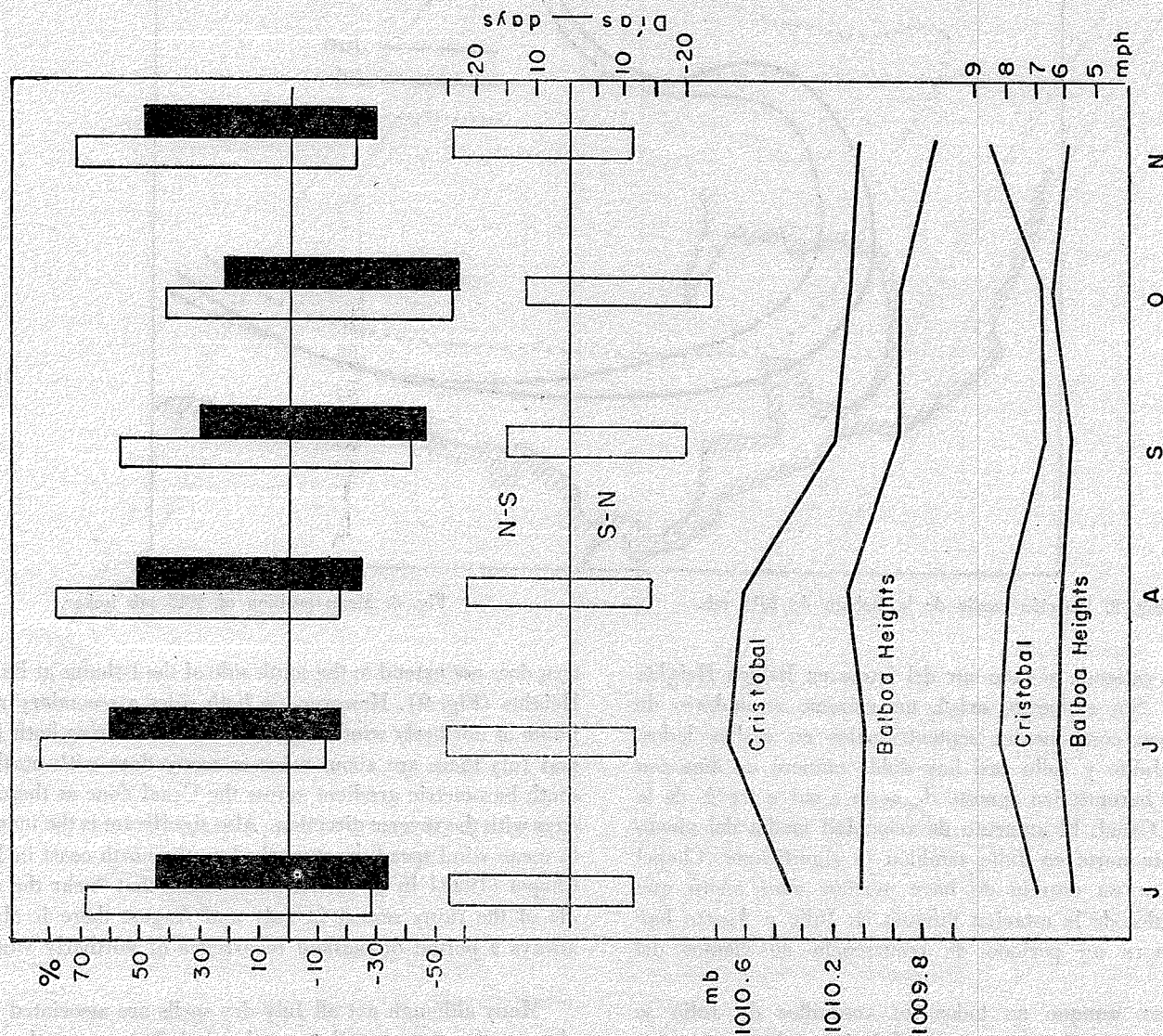
Fig. 8. Mean position of 1015 mb isobar.

ma no se extiende al lado sur del Istmo en Balboa Heights (Fig. 9). Sin embargo, existe un máximo secundario de vientos con componentes septentrionales en ambos lados. Durante Junio y Julio casi hay doble número de días con gradiente barométrico opuesto de norte a sur a través de la Zona del Canal. El aumento de velocidad media del viento en la costa norte en Julio también es significativo. Chapel (1928), en un estudio de hace muchos años anotó que "a mediados de la estación lluviosa en Julio o Agosto hay casi siempre un período de recurrencia de vientos del norte".

Muchos, aunque no todos los veranillos de Julio se asocian con una fuerza anormal del viento de norte a sur a través del Istmo. Un veranillo bien definido transcurrió de Julio 20 a 27 de 1951. La norma del viento en Balboa Heights y Cristóbal durante este período comparado con las normales de Julio y Marzo, así como comparaciones de temperatura, humedad relativa y nubosidad se incluyen en la Tabla I. Los valores de Marzo representan condiciones durante la estación seca. La norma de la dirección del viento se asemeja mucho a la estación seca. Sondeos comparativos medios del aire superior, hechos en Albrook Field, cerca de Balboa, para los dos períodos se representan en la Fig. 10-A. La curva media del punto de rocío de Marzo también se incluye para ilustrar los valores típicos de la estación seca. Las diferencias en estructura de la masa de aire entre el veranillo y los normales de Julio no son grandes y parecen no ser significantes. Los puntos de rocío están mucho más cerca a las normales de Julio que a valores de la estación seca. Parece, entonces, que a pesar de la anomalía en el viento, el veranillo de Julio no se asocia con diferencias significantes en la masa de aire.

tern does not extend to the south side of the Isthmus at Balboa Heights (Fig. 9). However, on both sides a secondary maximum of northerly wind components exists. During both June and July there are about twice as many days with north-to-south barometric gradient across the Canal Zone as there are days with the reverse direction. Also significant is the increase in mean wind speed, most marked on the north coast in July. Chapel (1928) in an earlier study noted that "near the middle of the rainy season in July and August there is almost always a period of marked recurrence of northerly winds".

Many although not all July dry spells are associated with abnormally strong north-to-south wind flow across the Isthmus. A well-defined veranillo period occurred from July 20 to 27, 1951. The wind pattern at Balboa Heights and Cristóbal during this period as compared with July and March normals, as well as comparisons of temperature, relative humidity, and cloudiness are given in Table I. The March values represent dry-season conditions. The wind direction pattern is very much like dry season. Comparative mean upper-air soundings made at Albrook Field, near Balboa, for the two periods are given in Fig. 10-A. The mean March dew-point curve is also included to illustrate typical dry-season values. The difference in air-mass structure between the veranillo period and the July normals is not large and hardly appears significant. The dew points are much closer to July normals than to dry-season values. It seems, therefore, that despite the wind anomaly the July veranillo is not associated with significant air-mass differences.



A.—Arriba de la línea, porcentaje de vientos del NE-NW; debajo de la línea, del SE-S-W.
 Blanco—Balboa Heights—White.
 Negro—Cristóbal—Black.
 Above line, percentage of NE-NW winds; below line, SE-S-W winds.

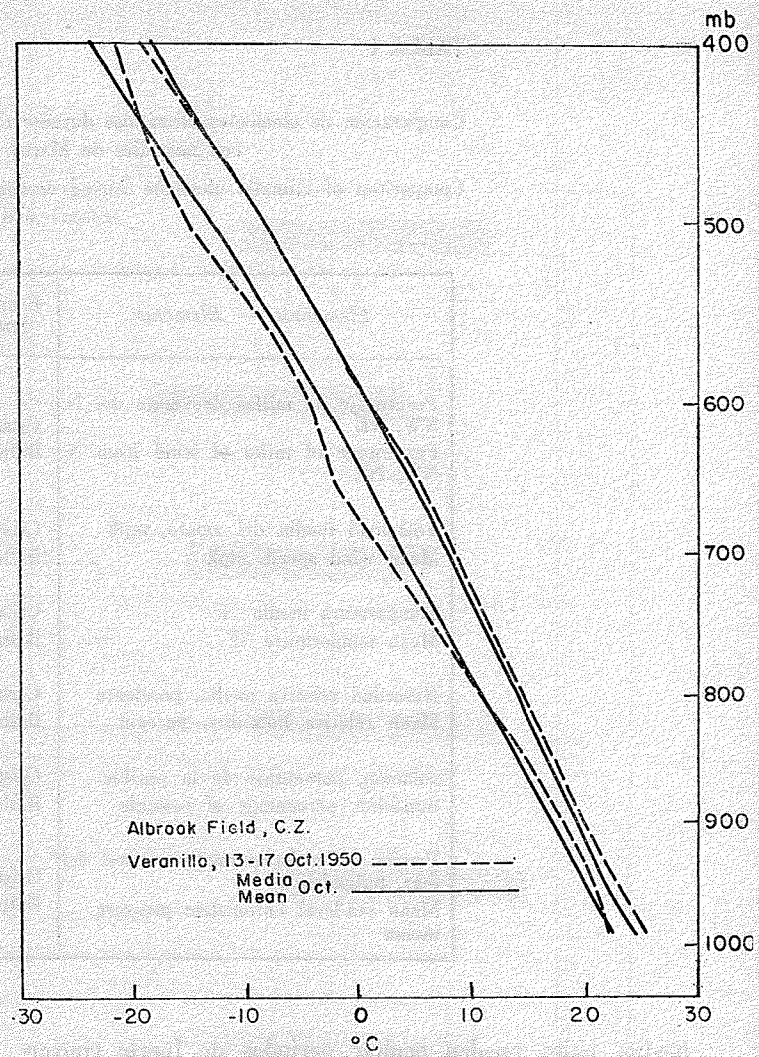
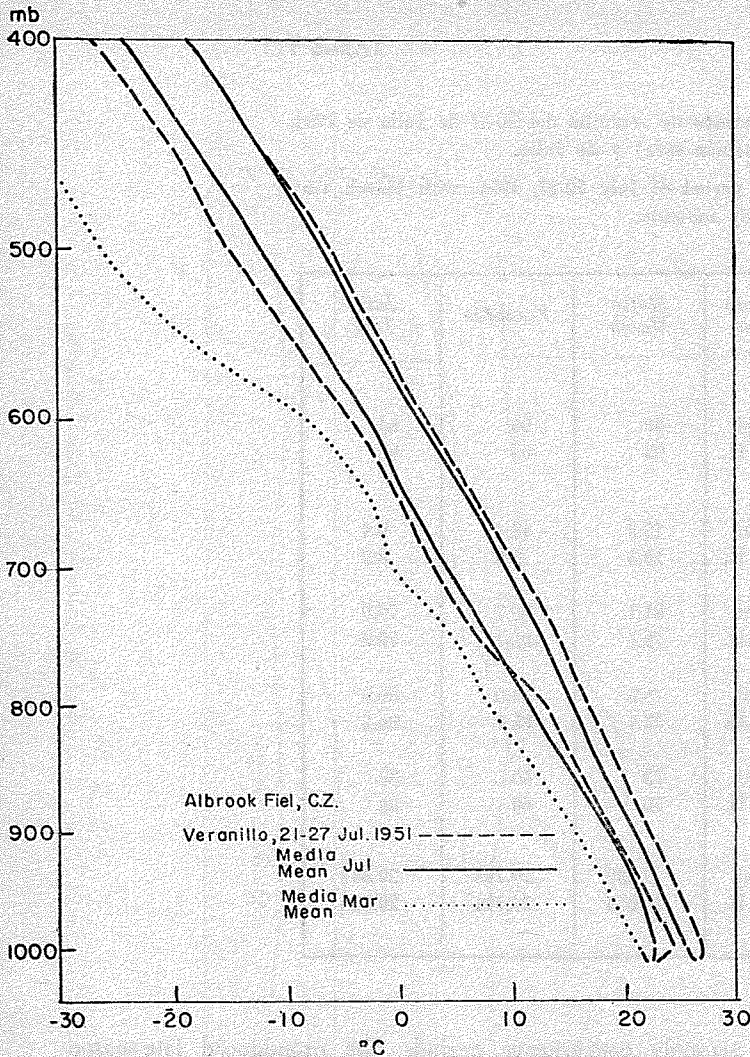
B.—Arriba de la línea, número de días con gradiente barométrico N-S (Cristóbal); debajo de la línea con gradiente barométrico S-N (Balboa Heights).
 Above line, number of days with barometric gradient N-S (Cristóbal); below line, with barometric gradient S-N (Balboa Heights).

C.—Presión barométrica media mensual.
 Mean monthly barometric pressure.

D.—Velocidad media mensual del viento.
 Mean monthly wind speed.

Fig. 9. Percentage and records of winds and barometric pressure at Cristóbal and Balboa Heights.

Fig. 9. Porcentajes y registros de vientos y presión barométrica en Cristóbal y Balboa Heights.



Figs. 10 A & B. Veranillo records at Albrook Field, C. Z.

Figs. 10 A and B. Veranillo records at Albrook Field. G. Z.

Los datos en la Tabla II demuestran la relación entre meses de la estación lluviosa inusualmente secos y anomalías en el viento. En los cuatro casos de Junio o Julio, la lluvia deficiente estuvo asociada con viento más septentrional que lo normal. También fue así en el seco Agosto de 1946.

The data in Table II substantiate the relationship between unusually dry rainy-season months and abnormal wind flow. In the four June or July cases deficient rainfall was associated with more northerly wind than is normal. This was also true of the dry August of 1946.

Los períodos secos predominan en el lado del Atlántico, como se nota en Cristóbal, especialmente al terminar Septiembre y están asociados con vientos del sur durante el período en que la zona de convergencia intertropical llega a su posición media más septentrional, a gran distancia al norte de Panamá. La Figura 9 muestra que hay una fuerte inversión en el viento medio entre Septiembre y Octubre, que es el más lluvioso del año en la costa norte. Un estudio de precipitación máxima publicado por el United States Weather Bureau, *Hydrometeorological Report No. 4* (1943), da una computación de valores medios mensuales de la convergencia de vientos superficiales calculados de vientos resultantes. El mínimo primario de convergencia se halla durante la estación seca. Hay un ligera bajada en Julio, una subida en Agosto y después un fuerte mínimo secundario en Septiembre y Octubre. Aunque los valores

The predominantly Atlantic-side dryness, which is most pronounced at Cristobal in late September, is associated with southerly wind flow during the period when the inter-tropical convergence zone reaches its extreme northward mean position, well to the north of Panama. Fig. 9 shows that there is a sharp reversal in mean wind flow between September and October, the latter being the month of maximum north-coast rainfall. A maximum precipitation study, *Hydrometeorological Report No. 4*, (1943) published by the United States Weather Bureau, gives a computation of monthly mean values of surface-wind convergence calculated from resultant winds. The primary minimum of convergence occurs in the dry season. There is a very slight drop in July, a rise in August, then a strong secondary minimum in September and October. While low mean values may hide

TABLA I

TABLE I

Comparación de elementos climáticos durante el período de veranillo del 20-27 de Julio de 1951, con normales de Marzo (estación seca) y de Julio.

Comparison of climatic elements during veranillo period of July 20-27, 1951, with March (dry season) and July normals.

<i>Elementos — Elements</i>	<i>Estaciones Stations</i>	<i>Marzo March</i>	<i>Veranillo</i>	<i>Julio July</i>
Porcentaje de millas de viento del N. NW, NE	Cristobal	98	99	64
Percentage of miles of wind from N. NW, NE	Balboa H.	95	94	83
Velocidad media del viento, mph	Cristobal	15.5	11.4	8.4
Mean wind speed, mph	Balboa H.	10.3	5.9	5.2
Temperatura media °F	Cristobal	81.1	82.7	79.9
Mean temperature °F	Balboa H.	79.7	83.1	78.8
Humedad relativa media, porciento	Cristobal	76.8	84.0	86.0
Mean relative humidity, percent	Balboa H.	73.4	85.7	86.3
Isolación, porcentaje de la posible	Cristobal	73	69	38
Sunshine, percentage of possible	Balboa H.	70	69	38
Presión barométrica media a nivel del mar, pulgadas	Cristobal	29.882	29.793	29.847
Mean sea-level barometric pressure, inches	Balboa H.	29.843	29.794	29.826

medios bajos pueden ocultar períodos de fuerte convergencia, probablemente la pronunciada baja en la estación tardía se encuentra asociada con el mínimo secundario de lluvias de Septiembre. Tal vez Octubre al igual que Septiembre sea un mes relativamente seco a lo largo de la costa atlántica, como sucede en Changuinola, si no fuera por las crecientes perturbaciones de origen extratropical que comienzan a alterar el área al avanzar el otoño. Tres meses anormalmente secos que vinieron tarde en la estación lluviosa fueron registrados en la Tabla II. Dos de ellos estuvieron asociados con una proporción anormalmente alta de vientos meridionales. No obstante, en Septiembre de 1932 hubo más viento del norte que lo normal en la costa atlántica del Istmo, demostrando que una sequedad del tipo del norte puede ocurrir tarde en la estación.

Un sondeo de la atmósfera sobre Albrook Field durante un período seco de estación tardía del 13 al 17 de Octubre, 1950, comparado con sondeos medios de Octubre se incluye en la Figura 10-B. Como sucede en el caso de Julio, las diferencias no se pueden considerar significantes, siendo las características de las masas de aire durante el período seco las mismas del tiempo lluvioso normal.

Otros aspectos del veranillo aún no se entienden bien. ¿Por qué, por ejemplo, durante los períodos secos de Julio no se acompañan los vientos septentrionales intensificados

strongly convergence periods, the pronounced late-season drop is probably associated with the September secondary rainfall minimum. It is probable that October as well as September would be a relatively dry month all along the Atlantic coast, as it is at Changuinola, were it not for the increasingly frequent disturbances of extra-tropical origin which begin to affect the area as the autumn advances. Three late-season months of unusual dryness are listed in Table II. Two of these are associated with an abnormally high proportion of southerly winds. September, 1932, however, had more north wind than is normal for the Atlantic coast, showing that it is possible for a north-type dry spell to occur late in the season.

An Albrook Field atmospheric sounding for a late-season dry period, October 13 to 17, 1950, as compared with a mean October sounding is shown in Fig. 10-B. As with the July case, the differences can hardly be considered significant. Here again, the air mass characteristics during the dry period are essentially the same as during normal rainy weather.

Some aspects of the veranillo are not well understood. Why, for instance, during July dry spells does not abnormally high barometric pressure accompany many of these

TABLA II

TABLE II

Clasificación del Viento durante algunos Meses Secos
Wind flow Classification of some Dry Months.

Mes Month	Anomalía de Lluvia Rainfall Anomaly	Desviaciones del Promedio de Millas de Viento en Cua- drantes Indicados Departure from Average of Mile of Wind from Qua- drants Indicated		Clasificación Classification	
		NE-N-NW	SE-S-SW		
Jun 1930	Junio más seco, Cuenca del Lago Gatun Driest June, Gatun Lake Basin	B. H. Crist.	+ 5% +11	— 3% — 2	Tipo del Norte Moderado. Mild North Type
Jul. 1914	Julio más seco, Cuenca del Lago Gatun Driest July, Gatun Lake Basin	B. H. Crist.	no hay datos +21	—15	Tipo del Norte Fuerte Strong North Type
Jul. 1922	Julio más seco, Cristobal Driest July	B. H. Crist.	+ 9 +29	— 8 —15	Tipo del Norte Fuerte en Lado Atlántico. Strong North Type on Atlantic Side.
Jul. 1923	Julio más seco, Balboa Heights Driest July	B. H. Crist.	+10 + 5	—10 —11	Tipo del Norte Moderado. Mild North Type
Ago. Aug. 1946	Agosto más seco, Cuenca del Lago Gatun Driest August, Gatun Lake Basin	B. H. Crist.	+12 +26	—12 —18	Tipo del Norte Fuerte Strong North Type.
Sept. 1932	Sept. más seco Cuenca del Lago Gatun Driest September Gatun Lake Basin	B. H. Crist.	+ 8 — 4	—10 + 3	Tipo del Norte Débil en Lado Pacífico; Normal en Lado Atlántico. Weak North Type on Pac- ific Side; Normal on Atlantic Side.
Sept. 1955	Septiembre más seco, Cristobal Driest September	B. H. Crist.	—30 —12	+29 +33	Tipo del Sur Fuerte Strong South Type
Oct. 1933	Octubre más seco, Cuen- ca del Lago Gatun Driest October, Gatun Lake Basin	B. H. Crist.	—14 — 6	+15 +12	Tipo del Sur Moderado. Moderate South Type.

con presión barométrica anormalmente alta? Fluctuaciones de escala media y reversiones del gradiente barométrico y de dirección del viento ocurren a menudo sin justificación de una norma isobárica a gran escala, como se demuestra por el hecho de que aun durante períodos de gradiente del norte o del sur hay un porcentaje significativo de días con gradiente invertido, aunque la zona de convergencia intertropical no haya cruzado el Istmo. La mayor proporción de vientos con componentes septentrionales en Balboa, al lado sur del Istmo, en comparación con Cristóbal al lado norte (Fig. 9) no tiene explicación. Aún en

periods of intensified northerly winds? Mesoscale fluctuations and reversals of barometric gradient and wind flow often occur without any justification from the large-scale isobaric pattern, as is evident from the fact that even during periods of predominantly northerly or southerly gradient on a significant percentage of days the gradient is reversed, even though the intertropical convergence zone has not passed across the Isthmus. The greater proportion of winds with northerly components at Balboa on the south side of the Isthmus as compared with Cristobal on the north (Fig. 9) is not explained. Even in September Balboa's wind is

Septiembre el viento en Balboa sopla usualmente del norte. Se anticiparía lo contrario, considerando especialmente la influencia de la brisa del mar o de tierra.

Es posible que el mecanismo de los períodos secos de Junio sea algo diferente al de Julio. Sin embargo, la reintensificación de la "alta" en el Atlántico probablemente comienza tarde en Junio, sin tener, por consiguiente, un efecto en la posición media de los isobaras de Junio. Las distribuciones de mínimos secundarios y terciarios de los totales medios de registros en 58 estaciones panameñas revelan que un mínimo terciario en Junio está seguido por un secundario en Septiembre en 16 estaciones. Esta combinación se halla con mucho más frecuencia que la de Junio y Agosto que sólo aparece en un registro y Julio y Septiembre en cinco. No está claro el por qué de la combinación Junio-Septiembre sea la más frecuente.

Solamente cuando se tenga disponible un modelo tridimensional adecuado de la atmósfera panameña será posible poner el estudio del veranillo y otras complejidades de la lluvia istmeña sobre una base más exacta que la climatología sinóptica. Ya que en las latitudes ecuatoriales debe calcularse el campo de movimiento vertical sin la aproximación geostrofica, serían necesarias observaciones múltiples simultáneas de rawin para hacer un análisis usando un método cinemático con triángulos de Bellamy o el método adiabático.

usually northerly. The contrary would be expected from land and sea breeze considerations alone.

The mechanism of June dry periods may be somewhat different from those of July. However, the reintensification of the Atlantic "high" may begin late in June and therefore not have much effect on the position of the mean June isobars. Distributions of secondary and tertiary minima from the monthly mean totals of record of 58 Panamanian stations reveal that a June tertiary minimum is followed by a secondary in September at 16 stations. This pairing is much more frequent than that of June and August, at only one station, and July and September at five. Why the June-September combination should be so much more common is not clear.

Only when an adequate three-dimensional picture of the Panamanian atmosphere is available will it be possible to place the study of the veranillo and other complexities of Isthmian rainfall on a basis more exact than that of synoptic climatology. Since in equatorial latitudes the field of vertical motion must be obtained without the geostrophic approximation multiple simultaneously rawin observations would be necessary to accomplish an analysis using the kinematic method with Bellamy triangles or the adiabatic method.

BIBLIOGRAFIA

- ALPERT, L. 1945, 1946. The Intertropical Convergence Zone of the Eastern Pacific. *Bull. American Meteor. Soc.*, 26:10, 27:1.
- CHAPEL, L. T. 1928. Climatic Averages for Cristobal-Colon. The Panama Canal, Section of Surveys.
- 1927. Winds and Storms on the Isthmus of Panamá. *Monthly Weath. Rev.* 55:12.
- CRUM, C. F. 1941. Climatic Data for Balboa Heights, Canal Zone. The Panamá Canal, Department of Operation and Maintenance.
- DIETERICHS, H. 1952. Frequency of Dry and Wet Spells in El Salvador. *Geofisica Pura e Applicata*, 33:267-272.
- GARBELL, A. 1947. *Tropical and Equatorial Meteorology*. New York, Pitman, 1 vol., il.
- METEOROLOGICAL AND HYDROGRAPHIC BRANCH, PANAMA CANAL CO. Balboa Heights, Canal Zone. Climatological Data, Canal Zone and Panamá, 1-48.
- U. S. WEATHER BUREAU, DEPARTMENT OF COMMERCE. 1943. Maximum Possible Precipitation over the Panamá Canal Basin. *Hydrometeorological Report*. No. 4.
- 1952. Normal Weather Charts of the Northern Hemisphere. *Technical Paper* No. 21.

BIBLIOGRAPHY