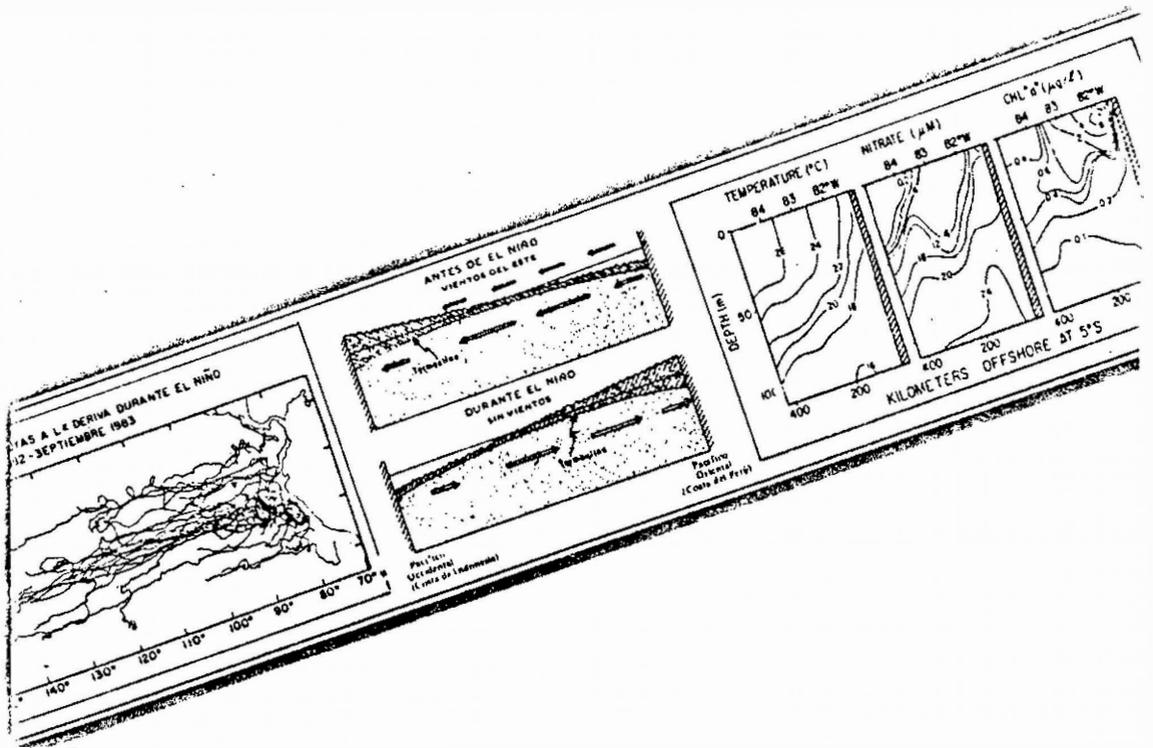


CENCIA, TECNOLOGIA Y AGRESION AMBIENTAL El Fenómeno El Niño



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONICYTEC

LIBRO PRECIS

RECURRENCIA DEL FENOMENO EL NIÑO CON INTENSIDAD COMPARABLE A LA DEL NIÑO 1982-1983

Ronald F. Woodman
Instituto Geofísico del Perú

Resumen.— *El presente trabajo hace un estudio comparativo de la precipitación en el área de Piura y Tumbes (Costa Norte del Perú) entre los años 1983 y la precipitación ocurrida en los últimos 450 años de historia escrita para el área. La lluvia en la zona bajo estudio es altamente sensible a la temperatura del océano y por lo tanto del fenómeno El Niño. Este y la historia larga del área, o medidas de las aguas del río Piura, hacen de la precipitación uno de los mejores índices para calificar la intensidad de un Niño dado o para estudiar sus variaciones en el pasado. Para los últimos 60 años, hemos hecho uso de las mediciones pluviométricas en Zorritos, Tumbes y Piura y el flujo total del río Piura. Las series de tiempo de cada una de las mediciones presentan brechas relativamente largas para el período mencionado, pero tienen una secuencia relativamente continua cuando se toma todo en conjunto. Para los años entre 1791 y 1925 hemos utilizado la tradición local y el estudio realizado por Víctor Eguiguren en 1894. Hemos puesto especial atención en los años extraordinarios de 1925 y 1891 llegando a la conclusión que 1983, fue en mucho, el más lluvioso de los últimos 200 años. Basado en el estudio histórico de Eguiguren para los años anteriores a 1791 también concluimos que en 1983, fue muy probablemente, el más lluvioso de los 450 años de historia de Piura. Como una conclusión secundaria demos-*

tramos que la precipitación en dos o casi dos años consecutivos, es estadísticamente independiente. Es decir, la ocurrencia de un año lluvioso no mejora nuestras posibilidades de la predicción estadística de lluvia para el año siguiente o para un año después del siguiente.

Abstract.— *The paper makes a comparative study of main precipitation in the area of Piura and Tumbes (northern coastal Peru) between the years 1983 and precipitation occurred in the last 450 years of written history of the area. Rainfall in the area under study is highly sensitive to ocean temperature and hence to El Niño phenomena. This, and the long history of the area, make rainfall in the area, or measured fluxes of the Piura river, one of the best indexes to qualify the intensity of a given El Niño or to study its variations in the past. For the last 60 years, we have made use of quantitative pluviometric measurements in Zorritos, Tumbes and Piura and of the total flux of the Piura river. The time series of each one of the measurements exhibit relatively long gaps for the mentioned period, but present a relatively continuous sequence when taking as a group. For years between 1791 and 1925 we have made use of local tradition and of a study made by Victor Eguiguren in 1894. We have placed special attention to the extraordinary years of 1925 and 1891 and arrive to the conclusion that 1983 was, by far, the rainiest of the last 200 years. Based on the historical study of Eguiguren for years prior to 1791 we also conclude that 1983 was, very probably, the rainiest of the 450 years of Piura history. As a secondary conclusion we show that rainfall in two consecutive, or almost consecutive years (every other year), are statistically independent. That is the occurrence of a rainy year does not improve our possibilities of statistically predicting rainfall for the next, or for one after the next.*

INTRODUCCION

Existe consenso de que el fenómeno de El Niño 1982-1983 fue extraordinariamente excepcional. Se habla de las mayores lluvias recibidas en el norte del Perú en lo que va de este siglo o en los últimos 100 años. Pocos son los que se atreven a darle un período de recurrencia mayor a éstos pero estamos seguros más por falta de información que de convencimiento. Determinar con más precisión con qué frecuencia han ocurrido catástrofes como la del año 1983 es de gran importancia. Estamos en pleno proceso de reconstrucción. Se gastarán miles de millones de soles en la reconstrucción de las obras civiles destruidas y habrá que decidir si éstas deben ser construidas para que soporten lluvias y avenidas que ocurren cada 100 años, o cada mil.

El objeto del presente trabajo es informar el resultado de nuestras investigaciones con respecto a este problema, esto es ¿con qué frecuencia han ocurrido lluvias en el norte como las ocurridas en 1983? La tarea no es fácil, pues los registros instrumentales, con muy pocas excepciones, recién empiezan en el año 1926 y muchos de ellos después del 32. Hemos tenido que recurrir entonces a las pocas fuentes históricas existentes, tarea que no ha sido del todo infructuosa, gracias a los estudios hechos por Víctor Eguiguren (1,2) en el siglo pasado. Nos han sido también de gran valor las observaciones hechas por G. Petersen en Zorritos, que incluyen un año muy importante de lluvias también extraordinarias, como lo fue el año 1925.

Nuestras investigaciones se han limitado a las zonas de Piura y Tumbes. Aparte de ser estas las regiones más afectadas pro-

porcionalmente por el fenómeno El Niño 1983 en todo el globo, son también de interés desde el punto de vista científico; pues la sensibilidad de estas regiones a la temperatura del mar nos permite usarlas como indicadores de la ocurrencia del fenómeno en años históricos. Hay que recordar que el nombre "El Niño" — hoy en día referido a un fenómeno de naturaleza global, relacionado con las sequías de Australia y tormentas en Los Angeles recibe su nombre de los pescadores sechuranos y paiteños que lo habían notado desde hace mucho años sin necesidad de instrumentos. Piura es la ciudad más antigua del continente sudamericano. Desde sus comienzos hasta hoy en día, Piura ha tenido una actividad casi puramente agrícola y ha dependido económicamente tanto de las lluvias, que en los años excepcionales — ya sea por lluviosos o secos — han sido registradas en su historia o transmitidas de generación en generación como tema de conversación frecuente. El autor de este trabajo es piurano y recuerda desde chico que no pasaba aguacero fuerte que cayera en la ciudad que no motivara largas conversaciones con comparaciones con años anteriores, sobre todo con el año 1925.

En lo que se refiere al siglo pasado y a los primeros siglos de la historia de Piura nos basaremos principalmente en las investigaciones de Eguiguren, (1), quien no sólo se limitó a informar sobre las lluvias de los años vividos por él y sus abuelos, (1790-1893) sino que realizó una investigación histórica exhaustiva recogiendo todos los pasajes de los cronistas, desde los primeros días de la colonia a su época, que hicieran alguna referencia sobre el clima de la región. Del período estudiado por Eguiguren, el año 1891, año de abundantes lluvias y todavía en el recuerdo de gente de edad en el departamento por relatos escuchados de sus mayores, nos sirve de enlace para períodos posteriores. Si logramos comparar el año 1891, último año lluvioso reportado por V. Eguiguren, con el año 1925, y el año 1925 con el año 1983, podremos establecer la intensidad de las lluvias ocurridas en este último en relación con las lluvias ocurridas en los 450 años de historia de Piura.

La estrategia planeada para el presente trabajo es primero de establecer en una forma más cuantitativa posible una compara-

ción entre el año 1983 y 1925, luego hacer uso de las informaciones cualitativas que se tiene sobre la relación de intensidad de las lluvias entre los años claves 1925 y 1891 para así, haciendo uso del trabajo de Eguiguren, establecer la magnitud de las lluvias extraordinarias de 1983 en relación con las ocurridas en los últimos 450 años.

COMPARACION DE LAS LLUVIAS ENTRE LOS AÑOS 1925 y 1983

Como se ha mencionado en la Introducción, las lluvias en Piura son la única información que nos permite hacer comparaciones que cubran varios siglos a la vez. Hemos mencionado también que el año 1925, por su intensidad e impacto en la población, es un año clave. Desafortunadamente, los datos sobre lluvias en la ciudad, tomados por diferentes organismos y compilados hoy en día por el SENAMHI (5) y el Proyecto Chira-Piura, (6) datan sólo a partir del año 1932. La situación es un poco mejor con respecto al río Piura, pero aforos cuantitativos de éste empiezan sólo a partir del año 1926. Lo que nos salva parcialmente de una situación muy desafortunada, son los datos pluviométricos recogidos en Zorritos por Georg Petersen (3, 4) los que comienzan en el año clave, 1925. Petersen recoge también mediciones hechas cerca a la ciudad de Tumbes (± 10 km), no muy lejos de Zorritos, para los años 12 al 16, los que hemos puesto en el mismo gráfico con un achurado diferente (figura 1). Lo mismo se ha hecho con los datos del año 74 al 83 tomados recientemente en la ciudad de Tumbes por el SENAMHI (5). Hay que notar también que por ausencia de Petersen de Zorritos los datos correspondientes al año lluvioso del año 32 no corresponden tampoco a la misma ciudad de Zorritos sino a una hacienda a 10 km valle arriba de la ciudad de Tumbes (El Giro), y que los valores graficados para el año 31 son estimados hechos por el mismo Petersen ya que no se contó con mediciones durante todo el año. Cabe mencionar que si bien las estaciones en la ciudad de Tumbes o en el valle están sólo a una distancia de 35 km, al estar más al norte y más al interior, bien podrían tener precipitaciones aproximadamente 1.2 - 1.3 mayores que Zorritos (valor a justificar más adelante). Con esta salvedad, tene-

mos pues para Zorritos una de las historias más instrumentadas, en lo que se refiere a precipitaciones pluviales, en esta zona del país y, sobre todo incluyendo el importante año 1925.

De la Figura 1 podemos apreciar ya, que el año 83 fue, —en esta zona,— por lo menos dos veces más intenso que el año 25.

Hemos hecho un esfuerzo, usando las épocas para las cuales existen datos pluviométricos concurrentes de Piura y Zorritos, para tratar de inferir estadísticamente la magnitud de las lluvias del año 25 en la ciudad de Piura (Figura 2). Para esto hemos elaborado el correlograma mostrado en la Figura 3, en éste se puede apreciar, como es de esperar por su cercanía y condiciones climáticas similares, una buena correlación entre las lluvias de los dos lugares mencionados. Si hacemos una transgresión lineal podemos inferir que las lluvias en Piura en el año 1925 tuvieron un total anual estimado de 1,200 mm correspondiendo a los 1,500 mm en Zorritos. En igual forma podemos estimar una lluvia para Zorritos en el año 1983 de el orden de los 2,976 mm correspondientes a los 2,381 mm de precipitación pluvial anual en Piura, valor razonable, en todo caso conservador, si tenemos en cuenta que Tumbes, a sólo 35 km de distancia, registró 3960.

Usando pues los datos de Zorritos en 1925 y los de Piura en 1983 y la buena correlación entre los registros en años concurrentes en los dos lugares podemos concluir que las lluvias del año 1983 fueron aproximadamente dos veces más intensas que las del año 1925, en lo que a precipitación anual acumulada se refiere.

Cabe notar que lo extraordinario y dramático de lo ocurrido en 1983 no se puede apreciar si lo comparamos con lluvias ocurridas en otro año también excepcionalmente lluvioso. Lo excepcional del año 1983 se puede apreciar cuando consideramos que el promedio de precipitación anual de Piura, aún incluyendo años de copiosas lluvias como las ocurridas en el año 1972 es de aproximadamente (según el lapso promediado) 50 mm. Esto significa que las lluvias acaecidas en 1983 fueron alrededor de 50 veces más intensas que su valor promedio anual. Se puede

decir que Piura pasó a ser de una de las regiones más desérticas del globo a tener lluvias torrenciales como sólo se dan en las regiones húmedas del mundo.

LAS LLUVIAS EN EL AÑO 1925 EN BASE A NOTICIAS PERIODISTICAS

Una forma alternativa de estimar las lluvias en Piura en el 25 es en base al número de días de lluvias torrenciales registradas en la prensa local. La Tabla I muestra notas tomadas del periódico El Tiempo del año 1925 proporcionadas al autor por Don Arturo Woodman C. (8). Las lluvias reportadas las hemos clasificado en dos grupos: fuertes y normales. A las primeras le hemos asignado un promedio de 60 mm y a las segundas 20. Si bien el método es bastante subjetivo y aproximado, los valores tomados son relativamente altos si los comparamos al promedio de las lluvias en 1983, usando el mismo criterio; o sea que en todo caso debemos esperar estimados altos para 1925. Estos valores han sido graficados en la Figura 4, mes a mes, junto con las lluvias del año 1983.

Es evidente, independientemente de las cifras de 60 y 20 mm mencionadas, que el período de lluvias en el año 1925 fue más corto que el año 1983, empezó más tarde y terminó más temprano. Las lluvias ocurridas en el mes de mayo y junio en el año 1983 son excepcionales aún para años lluviosos. Los promedios de los años instrumentados son prácticamente cero para estos meses y no existe, ni históricamente, referencia en que haya llovido en Piura, y menos copiosamente, en estos meses.

T A B L A I

NOTAS ABREVIADAS DE LLUVIAS EN PIURA - AÑO 1925
(Tomadas de Relación del Diario "El Tiempo" -- Por
Arturo Woodman C.)

ENERO

- 1 Lluvias fuertes en Talandracas, Poclus, Ayabaca (pasó quebradas de San Francisco por Hda. Parales. Confundida con bajadas del río).

FEBRERO

- 1 Lluvias en Cacaturo, Chipillico.
3 Pasó río por Tambo Grande - 12 p.m. por Puente Piedra.
5 Río comenzó a declinar. (El día 3 recuerdo torrencial lluvia en Hda. Parales).
6 Aforo del río 54,500 lts. p.s. (día 5).
6-10 Fuertes crecientes en el Chira. Amenaza a la Huaca.
12 Noticias de fuertes lluvias en Arequipa.
13 Lluvia torrencial en Piura. Fuerte calor día anterior. daños en la población. Fuerte corriente en las calles.
14 Ayer llovió copiosamente de 8 a 12 de la noche. Alarma. Plaza de Armas inundada. Varias fincas malogradas. Sufre Templos, Hospital, Cuartel La Merced, Cárcel, Barrio 24 Jul.
16 Tercer día de fuerte lluvia en Piura. Mayores daños de casas y edificios. Se derrumban paredes. Interrupción de línea FF.CC.
17 Varios derrumbes, sigue interrumpida línea FF.CC. Defensas en Catacaos y la Huaca.
19 Siguen lluvias. Tempestad causa 6 muertos y/o heridos en Pabur. Fuerte aguacero en Piura. Luvia fuerte de 9 a 9 en Sullana.
20 Hablan de daños y peligro en zanjas (drenes).
21 Lluvia fuerte y corta en Piura. Fuerte en Morropón e interior.
24 Braveza del mar en Paita.

- 25 Enorme avenida del río. Inundaciones barrio Sur, avanza por occidente hacia el Norte. Altura 6 mts. Castilla inundada hasta Plaza Montero. Se suspenden festejos Carnaval. Inundación en Catacaos, más daño al FF.CC.
28 Nueva creciente del río, lluvias en Tambo Grande, Chulucanas. Altura del río 7.90.

MARZO

- 2 Siguen lluvias en el Departamento. Nuevas crecientes. Defensas en Castilla y Piura (día 2 fuerte lluvia con tempestad eléctrica desde 1.30 p.m. hasta las 6 p.m. Lluvia torrencial en Sullana día anterior.
3 Lluvia de corta duración. Salió tren de prueba a Sullana.
5 Noticias de lluvias en Arequipa y Lambayeque.
9 Fuerte aguacero anoche (el más copioso) duró hasta las 7 a.m.
10 Daños en el Cementerio y muchas casas.
11 Torrencial lluvia hasta amanecer.
12 Continúa lluvia de 2 de la tarde a 12 de la noche. Caen paredes en diferentes zonas de la ciudad.
13 Continúan lluvias toda la noche. Siguen daños. (Don Alfredo Woodman ha ofrecido construir desagüe pluvial en la calle Huánuco)
14 Situación angustiosa en Catacaos. Peligra Mercado y Cementerio.
16 No llovió en Piura, pero se anuncia creciente mayor. Nivel del día 6.50 mts.
18 Sigue creciente. Bajó durante la noche.
20 Inundación en Catacaos casi total, sólo 4 manzanas en seco. Cementerio en agua, se usan botes.
21 Lluvia de 5 de la tarde y parte de la noche.
23 No llovió en la noche. Corta lluvia en la mañana.
24 Fuerte aguacero de 11 a.m. a 5 de la tarde.
25 Baja el río.
26 Fuerte lluvia de 3 a 4 p.m. Tempestad.
27 Siguió lluvia del día anterior con tempestad.

- 30 Anoché lluvia torrencial Piura, Sullana, Paita. Más intensa a la fecha. Larga duración. Daños. Líneas férreas interrumpidas inclusive línea a Catacaos.

ABRIL

- 2 Siguen lluvias calificadas como "Diluvio". Repite días 4 y 5 (Semana Santa). Ahí dejó de llover hasta el 7 y 18 ligeramente.

Podemos notar también como justificación de los valores de 60 y 20 mm tomados para el promedio de lluvias, que estos producen igual cantidad de acumulado mensual para igual número de días lluviosos (ver marzo 1925 vs. abril 1983).

En base a este criterio tendríamos un acumulado total estimado (alto) de 1,200 mm para el año 1925 que coincide con el estimado en base a las lluvias en Zorritos. Este estimado es verdaderamente independiente, pues los promedios de 60 y 20 mm fueron tomados sin conocer cuáles serían los resultados.

Tendríamos pues nuevamente una relación de 2 a 1 para el acumulado anual de lluvias de los años 1983 vs. 1925, con el comentario adicional que la relación se debió más al factor duración anual que a una mayor precipitación mensual. Esto coincide con las memorias de Don Arturo Woodman C. (piurano residente, agricultor, nacido en Piura 1905) quien recuerda las lluvias de marzo de 1925 comparables en intensidad y persistencia a las de 1983 pero terminando abruptamente a mediados de abril. Recuerda también daños menos cuantiosos en una proporción aún mayor pues había menos población y menos obra civil a ser afectada. Reproducimos parcialmente a continuación una carta dirigida al autor sobre el tema. (8)

"Tanto por los datos periodísticos, como por mi memoria, llego a la conclusión que el año 25 las lluvias fueron tan fuertes como el año 83, con la enorme diferencia que ese año prácticamente se cortaron bruscamente. Pararon en seco, por así decir, pues ya después de los grandes aguaceros del 2 al 5 de Abril ya se cortan el día, 7 mas una ligera lluvia el 18. El año 83 siguieron todo Abril, Mayo y parte de Junio y tal vez en estos meses se produjeron las mayores lluvias y

daños. El volumen lógicamente duplicó o triplicó al año 25. Los daños igualmente fueron mucho mayores por la fuerte saturación del terreno y ambiente. La mayor extensión de las ciudades contribuyó a que los daños fueran mayores por motivos que todos hemos podido apreciar: construcciones en terrenos muy bajos, falta de drenes pluviales, etc. El año 25 habían menos calles y de estas muchas sin pavimento, fue relativamente fácil abrir zanjas de poca profundidad".

MASAS TOTALES ANUALES DEL RIO PIURA EN LOS AÑOS 1925 y 1983

Los caudales del Río Piura son hasta cierto punto un mejor índice del grado de intensidad de las lluvias en el Departamento de Piura y sobre todo de aquellas asociadas con El Niño. El caudal depende de las lluvias en toda su cuenca y en cierta forma es el promedio de las lluvias en toda una región, sin las fluctuaciones asociadas con un sólo lugar. La cuenca del Piura recoge las lluvias en las zonas relativamente bajas del Departamento alrededor y (en parte) dentro del desierto de Sechura. Del estudio efectuado por el Ing. A. Joo y el Ing. G. Otero del Proyecto Especial Chira-Piura (6) usando 24 pluviómetros distribuidos en el Departamento se desprende que son casualmente las zonas bajas las que más variabilidad muestran cuando se presenta un fenómeno de El Niño. (6,10) Esta variabilidad es tan grande y tan sensible a las temperaturas del mar en el Pacífico Ecuatorial oriental que bien se puede tomar como el mejor índice de la ocurrencia de un Niño. Mientras que, por ejemplo, las variaciones de la temperatura del mar de Puerto Chicama — tomado generalmente como índice — es de unas cuantas desviaciones standard, el flujo de aguas del río Piura, expresado en M.A., varía entre 50 millones de metros cúbicos anuales, como los registrados en 1937, comparado con los 11,400 millones registrados en 1983. Esta gran variabilidad así como lo extraordinario del año 1983 se puede apreciar en la Figura 5. Se puede notar que en años secos "no-Niños" presenta secuencias de varios años seguidos con M.A. menores que los 250 millones, como los ocurridos en los años 66 al 70. Vale mencionar también que durante años secos los caudales máximos del río son de sólo una centena de m³/sec. comparado con los caudales picos de más de dos millones de m³/sec en un año de lluvias fuertes, alcanzando más de tres millones en 1983.

Como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 5, desafortunadamente no existen aforos del río para el año 1925, y aún los del año 1926 son cuestionables. (El Proyecto Chira-Piura (DEPECHP) tiene para el año 1926 registrados 1,972 millones de metros cúbicos mientras que una publicación hecha por la firma A. Woodman e Hijos publicada en el año 1948 con datos de la Dirección de Aguas registra un valor más razonable de 3,363 millones). Como se ha mencionado anteriormente es de gran importancia determinar comparativamente los dos años extraordinarios: 1925 y 1983. Al igual que en el caso de las lluvias hemos hecho uso de la correlación existente entre las lluvias en Zorritos con las M.A. del río Piura mostradas en la Figura 6. Haciendo una regresión lineal podemos estimar una M.A. del orden de los 6,000 m³ para 1925, lo que significa nuevamente una relación de 2 a 1 entre los dos años comparados.

EL AÑO 1983 EN RELACION A LOS DOS ULTIMOS SIGLOS

Hemos establecido — tanto por los datos existentes como por notas periódicas y el recuerdo de personas mayores de Piura — que el año 1983 fue aproximadamente dos veces más lluvioso que el año 1925, y que ambos fueron extraordinariamente lluviosos, aún en relación con otros años asociados con un El Niño fuerte, como lo fue el año 1972, por ejemplo, responsable de la desaparición de la anchoveta de las aguas peruanas. Nuestra próxima tarea es establecer la comparación con años anteriores.

Hemos mencionado en la Introducción que el trabajo de V. Eguiguren se publica en 1894 y no incluye años posteriores al año 1893. Tendríamos, por lo tanto, una laguna entre esta fecha y el año 1925 con excepción de los datos recogidos por Petersen entre los años 1912—1915. Felizmente estos años, inclusive algunos de los años anteriores a 1894 sobre todo los lluviosos, persisten en la tradición de Piura. Estas no hacen mención de ningún año extraordinario de lluvias que compita con el año 1925. Anterior al 1925, el año que se consideraba como de máximas lluvias es el 1891, muy recordado pues una gran creciente del río arrasó con el puente que lo cruzaba. Puen-

te que había sido construido en 1870 y soportado las máximas avenidas desde ese entonces. Reproducimos parcialmente a continuación un párrafo de una crónica por Arturo Woodman C. sobre el tema.

"Tal como tu sabes, el año 1925 fue uno de los años más lluviosos que se habían visto hasta entonces; salvo el año 1891 nadie tenía recuerdo de algo parecido, inclusive los recuerdos del 91 más giraban a una sola creciente en Semana Santa y a la desaparición del puente de Piura. No hay más datos al respecto que los que tu tienes en los escritos de Don Víctor Eguiguren. Los datos que oía en el año 25 de sobrevivientes del 91, se referían sólo a la ida del puente y la gente del campo más bien le llamaba "el año bueno" porque para ellos había sido año bueno porque en esa época no existía sistema de irrigación en Piura, salvo algunos canales en Sechura y Catacaos. El área de cultivo era muy chica y en los años lluviosos sembraban los terrenos altos y los llamados temporales, de ahí que ellos lo consideraban como "año bueno". No hay medlos pues de comparación con el año 1925".

Con esto queda establecido pues que el año 1981 fue menos lluvioso que el 1925, y por supuesto, mucho menos que el año 1983. Para los años anteriores recurrimos al trabajo de V. Eguiguren ya mencionado.

V. Eguiguren publica una tabla semicuantitativa de las lluvias en Piura desde 1791 a 1890. La tabla no incluye el año 1891, pero el trabajo es escrito en Diciembre de 1894 y hace referencia al año 1891. La tabla clasifica las lluvias en 5 grados del 0 al 4. Nosotros hemos reproducido esta tabla en forma gráfica en la Figura 7, en la que hemos incluido información adicional hasta el año 1983 con un criterio que discutiremos más adelante. Sobre el criterio de Eguiguren y sus fuentes, reproducimos al propio autor:

"Recogiendo de diversos fuentes, datos, observaciones y apuntes, hemos logrado formar el cuadro de las lluvias habidas en Piura desde 1791 hasta el día. Como es natural, los apuntes que hemos reunido contienen indicaciones más ó menos vagas: se dice de los diversos años: (0) que han sido secos, muy secos ó estériles; (1) que hubo ligeras lluvias; (2) que fue año regular ó de medianas lluvias; (3) que llovió bastante ó fue el año bueno sin ser extraordinario; ó (4) que el año fue copioso, abundante ó de extraordinarias lluvias".

Para comparar los años calificados como 4 tenemos que recurrir al texto de su informe.

Con relación a las lluvias anteriores a 1828 acotamos:

"Parece que las lluvias de 1828 fueron las primeras que cayeron sobre Piura acompañadas de relámpagos y truenos, que hasta entonces eran desconocidos allí como en lo demás de la costa. Y a este respecto es de notar que Salinas Loyola escribía en 1571, que en los valles de Piura 'no se ha visto uracanes ni tormentas'."

"Parece también que las lluvias de 1828 fueron las primeras que por su intensidad produjeron daños directos en las poblaciones. Los ocurridos anteriormente eran sólo los que causaban las grandes crecientes del río, que debían ser tanto más peligrosas, cuanto que su cauce era entonces profundo y estrecho. La anchura del río es hoy de 120 a 150 metros, y en la gran creciente de 1891, sólo tuvo 7 ó 8 de profundidad".

Con relación a las lluvias entre 1845 y 1891 Eguiguren (1) dice:

"Después de 1845 no volvió á haber en Piura fuertes lluvias hasta 1864; sigiendo luego los años 71, 77, 78, 84 y 91, de los que cada uno ha sido más abundante que los anteriores, al extremo que el 91 las ciudades de Piura y Payta y casi todas las poblaciones del departamento quedaron semiarruinadas, habiendo el río arrastrado, el 7 de Abril, el puente de Piura, construido en 1870 y que había resistido las grandes de cuatro años".

y en sus "Estudios Demográficos de Piura" (2), hablando de los años 1878, 1884 y 1891:

"Estos tres años fueron lluviosos, siéndolo en mayor grado el de 1891".

Los años 1845 y 1828 son comparados por él (1) al hacer mención que en 1814 y en 1845 hubieron fuertes terremotos"... y que (fueron) seguidos de abundantes lluvias", y luego "Entre estos dos años hubo el de 1828 tan abundante como ellos...".

Por último, en relación a los años 1828 y 1891 tenemos información más cuantitativa:

"En 1828 llovió en Piura 14 días: el 91 las lluvias empezaron á mediados de Febrero y se prolongaron hasta Abril, habiendo durado más de 60 días".

Este último párrafo nos permite también comparar cuantitativamente dos meses de lluvia en 1891 con los 6 habidos en 1828. En ningún momento menciona Eguiguren lluvias en los meses de Mayo y Junio, lo que le hubiera llamado tanto la aten-

ción como a nosotros hoy en día. De haber ocurrido en algunos de los años citados estamos seguros que él lo habría mencionado como algo extraordinario.

De lo expuesto hasta el momento llegamos a la conclusión que entre los años 1791 al 1924 no ha habido año de lluvias mayores que las habidas en 1925, inclusive el año 1891, y por supuesto ninguno comparable a 1983.

LAS LLUVIAS EN PIURA CON ANTERIORIDAD A 1791

Para los años anteriores a 1791, nuevamente haremos uso del trabajo de V. Eguiguren. (1) En el mismo trabajo mencionado, Eguiguren hace un estudio exhaustivo de más de una decena de cronistas y estudiosos del siglo XVI al XIX. Se puede decir que no hay pasaje de la historia que haga mención al clima de Piura que haya escapado a sus notas y comentario en el trabajo indicado. Basado en numerosas acotaciones, Eguiguren defiende la tesis de que las lluvias en Piura han venido incrementándose en intensidad y frecuencia, con un máximo en los 30 últimos años anteriores a la publicación de su trabajo en 1894.

Es evidente del trabajo de Eguiguren que los años 1578, 1624, 1701, 1720, 1728 y 1791 fueron años extraordinariamente lluviosos, lo suficiente como para haber sido registrados en la historia. Existen referencias también a años de lluvias anormales en Lima como las del año 1541, 1614, 1652 pero sería peligroso inferir lluvias extraordinarias también en el Norte pues tenemos frescos en nuestra memoria la lluvia de 2 cm. en Lima, el año 1970, el cual fue un año seco en el Norte.

La mayor parte de los años de lluvias mencionados hacen historia por lluvias extraordinarias en Trujillo y Zaña. En lo que se refiere a Piura, sólo las de 1728 y 1791 mencionan estragos en Piura y éstos son producidos por grandes crecientes del río y no por lluvias. Como hemos mencionado anteriormente no hay mención de grandes lluvias en Piura, sino a partir de 1828.

Con la información existente es difícil de aceptar -- sin dudas -- la tesis de Eguiguren, pero por otro lado tenemos que coincidir con él, si aceptamos que un año de lluvias desastrosas como las del año 1925 y 1983 no podrían haber sido ignorados por la historia o la tradición en la misma forma que terremotos u otras calamidades no lo son. Lo que nos llevaría a la conclusión que el año 1983 ha sido el más lluvioso de los 450 años de historia de Piura.

SOBRE LA ESTADISTICA DE AÑOS DE LLUVIAS EN AÑOS CONSECUTIVOS

Hasta el momento nos hemos referido al problema relacionado con el período de recurrencia de "Niños" con precipitaciones catastróficas como las del año 1983. Esta motivación principal nos ha llevado a conseguir la secuencia de datos más larga posible sobre las precipitaciones en Piura. La secuencia se muestra en la **Figura 6** y cubre casi 200 años de historia. El número de años es suficientemente numeroso y nos permite también hacer otros estudios de carácter estadístico de importancia.

Una interrogante de gran importancia se presentó al terminar las lluvias en Junio de 1983 y al comenzar los esfuerzos de reconstrucción: ¿Habría en 1984 un año igualmente lluvioso al 1983? ¿Convendría empezar los esfuerzos de reconstrucción con el riesgo de que estos serían destruidos aún antes de ser completados? Habían quienes predecían años igualmente catastróficos basados en falsas estadísticas. Se esgrimían argumentos como los siguientes: Los años 1925 y 1877, años de grandes lluvias, y en menor grado 1932, 1972 y 1976 fueron seguidos por años igualmente lluviosos, por lo tanto, era de esperar que el año 1984 sería uno de grandes lluvias. Este tipo de argumento es muy corriente, pero falaz. El error estriba en contar sólo los hechos que soportan una hipótesis ignorando aquellos que la contradicen. El argumento es similar a quien argumenta que un par de datos están cargados porque en varias oportunidades ha visto salir siete, sin contar las veces que esto no ha ocurrido.

En el lenguaje de la estadística el problema se reduce a estimar la probabilidad condicionada a que un año sea de lluvias conociendo que el anterior lo fue, y a comparar esta probabilidad con la probabilidad incondicional de que el año sea de lluvias independiente de lo ocurrido con anterioridad. Si las probabilidades son iguales se dice que los eventos son independientes, en cuyo caso el tener conocimiento de uno nos permite mejorar nuestras predicciones sobre el otro.

Para estimar las probabilidades mencionadas hemos hecho uso de la información suministrada por Eguiguren y la adicional reportada en este trabajo. Para lo segundo, hemos hecho uso principalmente de la serie de M.A. del río Piura por las ventajas que tiene discutidas anteriormente, complementada con los datos de lluvias en Zorritos y Tumbes para abarcar un número mayor de eventos (incluyendo 1925).

Para tener una serie uniforme desde 1791 a 1983 hemos usado los mismos índices usados por Eguiguren, para lo cual hemos tenido que traducir las M.A. y la precipitación acumulada anual en términos de estos índices. Para el efecto hemos usado la siguiente escala.

- Indice 0 — 0 a 300 millones de m³ de M.A.
- Indice 1 — 300 a 600 millones de m³ de M.A.
- Indice 2 — 600 a 1000 millones de m³ de M.A.
- Indice 3 — 1000 a 1500 millones de m³ de M.A.
- Indice 4 — más de 1500 millones de m³ de M.A.

Para el caso de los años que se cuenta sólo con los datos de las lluvias en Zorritos y Tumbes hemos usado los niveles correspondientes deducidos del ajuste lineal mostrado en las Figuras 3 y 5. Los niveles tomados son hasta cierto punto arbitrarios, pero coincidentes con los criterios cualitativos de los diferentes índices usados por Eguiguren y acotados anteriormente.

Las probabilidades de interés han sido estimadas usando la frecuencia de ocurrencia de las diferentes combinaciones mostradas en los cuadros de las Figuras 7 a) y 7 b). La Figura 7 a)

muestra la cuenta de ocurrencia de las diferentes combinaciones. Por ejemplo, el número 55 en el casillero correspondiente a la línea O, fila O significa que hay 55 pares de un año seco (Índice O) seguido por otro seco. En igual forma el número 2 en el casillero de la línea 4 y la fila 4 significa que han habido sólo 2 pares de años de lluvias extraordinarias seguidos por un segundo año de lluvias extraordinarias. Las diferentes filas corresponden al 2do. año y las diferentes líneas al primer año.

El cuadro de la Figura 7 b) es similar, pero en él hemos agrupado años con índices 0 y 1 en una sola clase que llamamos "secos" y los índices 3 y 4 en otra que llamamos lluviosos ("lluvias" en el cuadro). Esto con el propósito de disminuir la sensibilidad en la definición de los índices e incrementar la confiabilidad en el estimado de las probabilidades deducidas.

Las probabilidades pueden ser estimadas directamente del cuadro por la relación entre el número de casos ocurridos para una combinación, y el número de casos totales que califican. Así encontramos que hay 8 casos de años lluviosos seguidos por otro lluvioso de 36 casos (pares) posibles, en los cuales el primero fue lluvioso, de lo cual se deduce una probabilidad condicional de 0.22 para que un año lluvioso sea seguido por otro. Pero este es también el orden de la probabilidad de que ocurra un año lluvioso independientemente de la clase del anterior pues de 166 años considerados 36 fueron de lluvias (36/166 0.22).

Las probabilidades de ocurrencia para combinaciones de interés, así como las probabilidades de ocurrencia de un año como seco, regular, o lluvioso tomados uno a la vez se muestran en paréntesis en el mismo cuadro. Nótese que las probabilidades para que un año lluvioso sea seguido por un año seco o regular son prácticamente las mismas que las que estos ocurran independientemente de la clase del año anterior (0.68 y \approx 0.1, respectivamente). En conclusión, la intensidad de lluvias en un segundo año es estadísticamente independiente de la naturaleza del anterior. Años lluviosos ocurren (aperiódicamente) uno de cada 4.5 en promedio, independientemente si el anterior fue lluvioso o no.

Podemos hacer un análisis similar para el cuadro de la Figura 7 a) y llegamos a conclusiones similares. La probabilidad de ocurrencia de un año de lluvias excepcional (Índice 4) cuando el anterior fue excepcional (combinación 4/4) es prácticamente la misma (aproximadamente $2/22 \approx 0.9$), que la ocurrencia de uno excepcional cualquiera que sea la clase del anterior ($23/166 = 0.14$). Más aún, si hacemos uso de la segunda cifra decimal encontramos que el hecho de que el año anterior haya sido de lluvias disminuye ligeramente la probabilidad de que el segundo lo sea.

Reconocemos que la presentación de estos argumentos a mediados de 1984 es un poco extemporánea ya que la temporada de lluvias pasó, pero tenemos la satisfacción de conciencia de haberlos esgrimido oportunamente, en forma oral, a las autoridades responsables de la reconstrucción. En todo caso, hemos hecho un ejercicio similar para dos años con uno de intermedio, ya que no faltará quien nos haga acordar que los años 39, 41 y 43 fueron lluviosos con un año seco de por medio. Las estadísticas correspondientes para este caso, esto es para las diferentes combinaciones de índices de lluvias de dos años casi consecutivos con uno de por medio se muestran en los cuadros 8 a) y 8 b).

Del cuadro se desprende que la probabilidad que un año de lluvias sea seguido por otro, dos años después, es aproximadamente 0.14, algo menor que la probabilidad que un año cualquiera sea de lluvias, independientemente de lo ocurrido dos años atrás. Lo mismo ocurre para la combinación de dos años extraordinariamente lluviosos (índice 4 seguido por otro índice cuatro). En este caso, la probabilidad condicional y la incondicional es del orden de 0.1 y 0.14 respectivamente.

Como un subproducto de los cuadros 8 a) y 8 b) tenemos que la frecuencia de ocurrencia de un año de lluvias (índice 3 y 4) es de uno cada 4.5 y de un año extraordinario (índice 4) es de uno cada 7.1

A la escala de Eguiguren bien podríamos aumentarle un índice más: índice 5, para años desastrosos como el 1984 y 1925.

En el gráfico de la Figura 6, hemos marcado con un asterisco estos dos años y aquellos que la historia o la tradición nos habla de daños a obras civiles de envergadura como puentes y represas, como lo fueron el 1790, 1828, 1891. Años como estos ocurrirían una vez cada cincuenta, aproximadamente.

Hay que subrayar que estas frecuencias de recurrencia no significan una repetición periódica, error de interpretación que es muy común encontrar aún entre profesionales. Estas frecuencias y períodos son promedios y no significan que a los 4.5, 7 ó 50 años debemos esperar la repetición de un evento. La mejor analogía que podemos mencionar es la frecuencia de repetición del tiro de un as con un sólo dado. En promedio podemos esperar que el as salga una vez por cada seis tiros, esto es que si hemos tirado el dado 360 veces esperamos que 60 correspondan a un as, pero de ninguna manera que los ases estén espaciados cada seis tiros. Vale mencionar también que el hecho de que si en cinco tiros anteriores no ha ocurrido un as, esto no aumenta las probabilidades de que este ocurra en el sexto. El dado no tiene memoria. El río Piura tampoco; lo hemos probado sólo para uno y dos años, pero la apariencia de la serie mostrada en la Figura 6 nos muestra un proceso completamente aleatorio.

SOBRE LA RECURRENCIA DE AÑOS COMO EL 1983.— CONCLUSIONES

Creemos haber presentado argumentos convincentes sobre lo extraordinario del año 1983. Un año por lo menos dos veces más lluvioso que el año 1925, año a su vez más lluvioso que todos los anteriores documentados a partir de 1790, por V. Eguiguren. Si asumimos que el año 1790 haya tenido precipitaciones comparables, las lluvias del 1983 serían un evento con una recurrencia de por lo menos de una vez en doscientos años. Si creemos la tesis de Eguiguren de que los fines del siglo diecinueve fueron más lluviosos que todos los años de historia post-hispánica en Piura, tendríamos que las lluvias del año 1983 serían las más intensas de los 450 años de historia de Piura, lo que creemos muy factible de ser el caso, por nuestro convenci-

miento de que un año tan extraordinario y desastroso para la economía y salud de la región, como lo fue el 1983, tendría que haber aparecido como tal en la historia de la región, por breve que sea, como aparecen todos los terremotos y catástrofes similares.

Como conclusión secundaria hemos mostrado la independencia estadística de las lluvias de un año para otro y de un año de por medio.

Debido a la gran sensibilidad de Piura a la temperatura del mar, lo que se dice de Piura con respecto a las lluvias de la región o a los caudales de su río, es extensible al Fenómeno de "El Niño".

REFERENCIAS

1. EGUIGUREN, V., Las lluvias en Piura, Bol. Sociedad Geográfica de Lima, 1894, Tomo IV, Nos. 7, 8 y 9.
2. EGUIGUREN, V., Estudios demográficos de la ciudad de Piura, Tomo IV, p. 68 y Tomo VI, p. 282.
3. PETERSEN, G., Estudios climatológicos del Noroeste Peruano, Sociedad Geológica del Perú, 1935, Tomo VII.
4. PETERSEN, G., Geografía y geología general del litoral peruano - Historia marítima del Perú, 1972, Tomo I, Instituto de Estudios Histórico Militares del Perú.
5. SENAMHI - Observación de precipitación mensual y frecuencia - Tumbes y Piura, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Dirección de Meteorología, Lima-Perú.
6. JOO, A. y GROVER, L., Comportamiento hidrológico de los ríos Chira y Piura durante el período de avenidas 1983, DEPECHP-INADE. Lima-Perú.

7. DEPECHP - Río Piura - Masas mensuales en millones de metros cúbicos, Estación Pte. Sánchez Cerro, Años 1925-1983, Hoja de datos suministrados por la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira-Piura, Instituto Nacional de Desarrollo, Lima-Perú.
8. WOODMAN C., Arturo. Carta a Ronald F. Woodman de enero 17, 1984
9. WOODMAN C., Arturo. Piura, un pasado reciente. Crónicas inéditas, 1984
10. MUGICA, R. El fenómeno de El Niño: Piura 1983, Universidad de Piura, Piura-Perú.
11. WOODMAN A. e Hijos S.A. Río Piura: Breves apuntes sobre fechas de llegada y descargas anuales del río Piura, 1984.

FIGURAS

- Fig. 1 - Precipitación anual en Zorritos. - Barras sin completar corresponden a lugares cercanos a Tumbes a 35 kms de Zorritos. El año 1931 es un estimado. Fuentes Petersen (3, 4) y SENAMHI Tumbes (1974-1983) (6).
- Fig. 2 - Precipitación anual en Piura. - Fuente SENAMHI (6). El año 1932 muestra lluvias dudosamente bajas en comparación con las M.A. y las precipitaciones en Zorritos.
- Fig. 3 - Correlograma de precipitaciones en Zorritos (Tumbes excluido) y Piura para años que existen datos en común.
- Fig. 4 - Precipitaciones mensuales y números de lluvia correspondientes al año 1983 según SENAMHI - (6) y estimados para 1925 basados en noticias periodísticas del diario "El Tiempo" Tabla I (se usó un promedio de 60 mm. para lluvias fuertes y 20 mm para los otros).

Fig. 5 - Masas anuales (M.A.) del Río Piura según la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Chira-Piura (DEPECHP). A partir de abril 1974 incluye contribuciones de $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ del Río Chira (bombeo) y $73 \text{ m}^3/\text{seg}$ a partir de abril 1976 (derivación). El año 1926 es tomado de datos proporcionados por la Dirección de Aguas.

Fig. 6 - Correlograma de lluvias en Zorritos (excluyendo Tumbes) y M.A. en Río Piura.

Fig. 7 - Índice de lluvias en la región de la cuenca del Río Piura usando índices según Eguiguren (1). Los años 1790-1893 son tomados de Eguiguren (1). A partir del año 1926 se han convertido las M.A. del Río Piura en índices del 0 al 4 usando el criterio mencionado en el texto, completándose el resto con estimados basados en las lluvias en Zorritos y Tumbes.

Los años marcados con asterisco son años extraordinariamente lluviosos, con destrucción de puentes o defensas y lluvias torrenciales en la ciudad de Piura discutidos en forma especial en el texto.

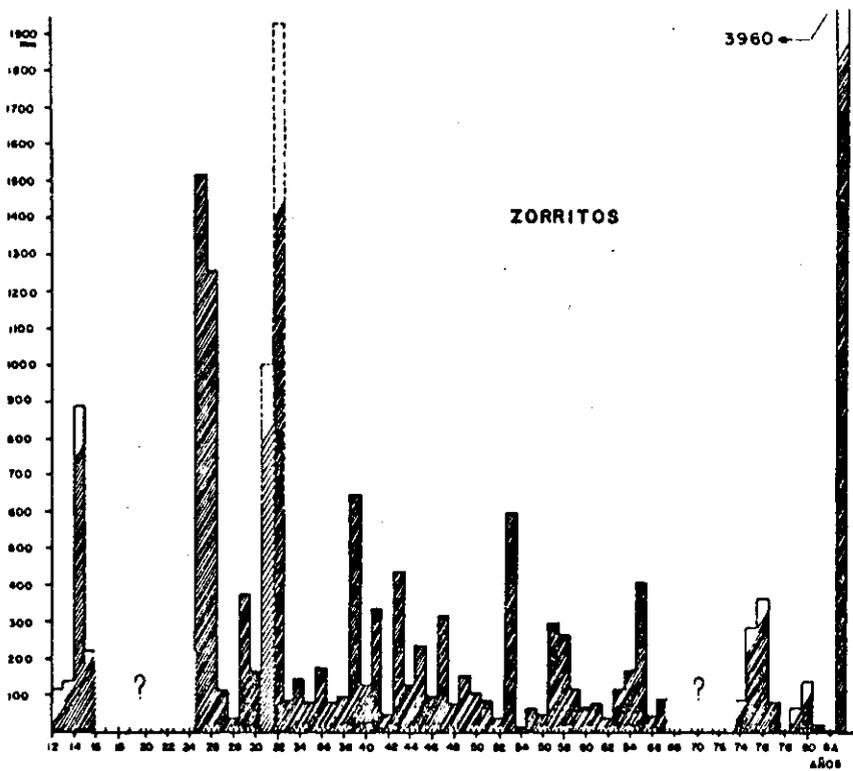


FIGURA 1

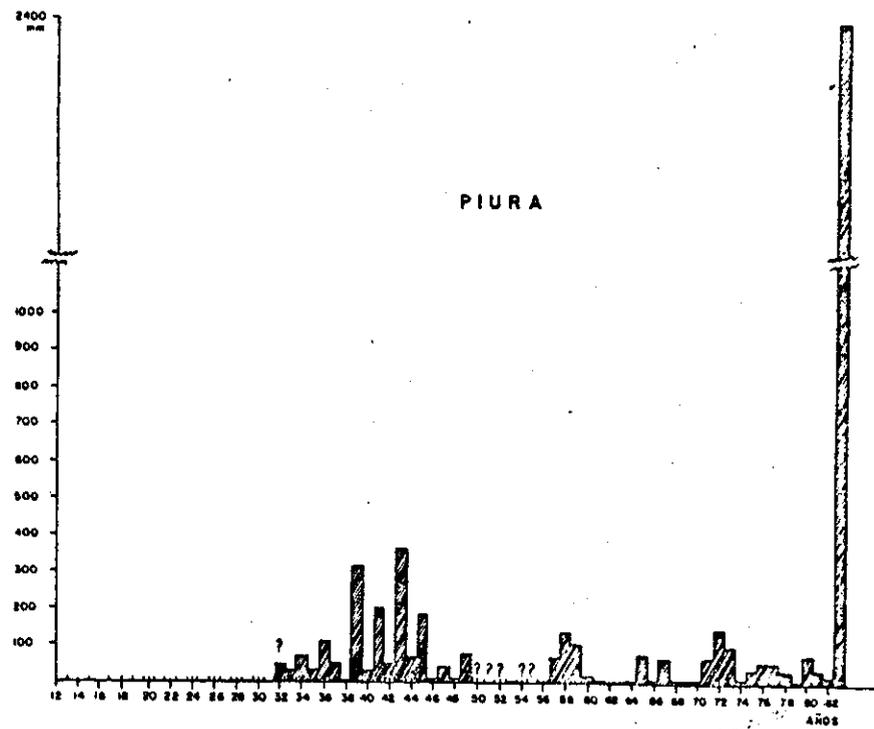


FIGURA 2

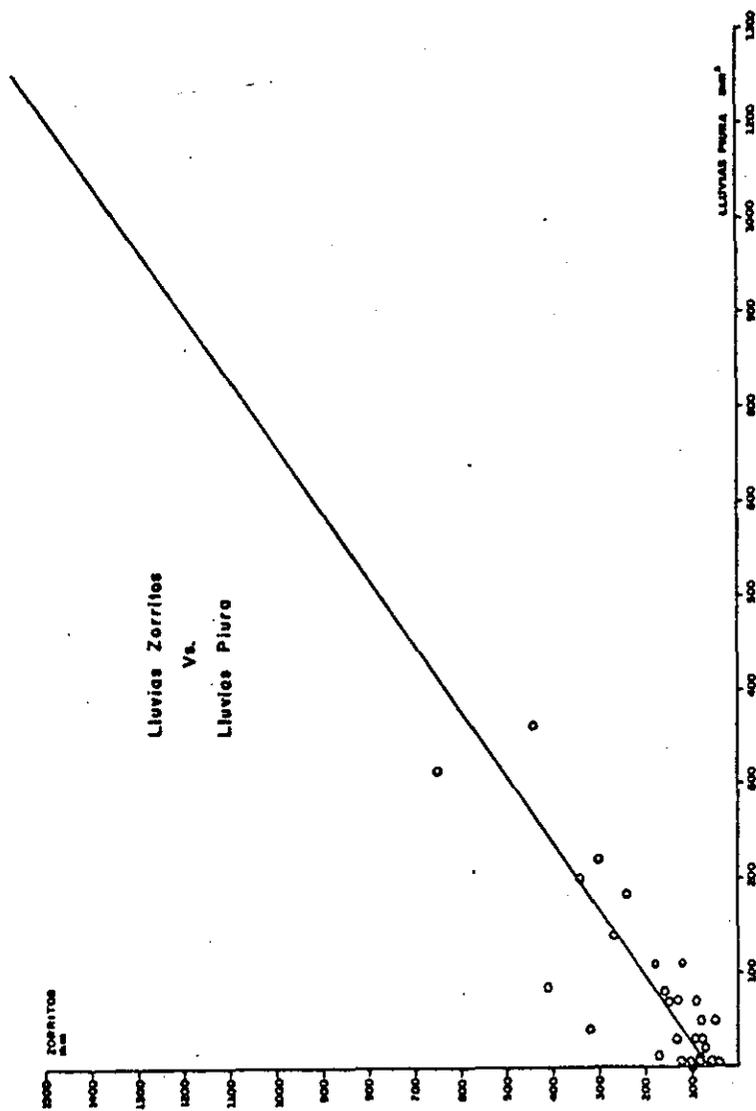


FIGURA 3

— 1983 $\Sigma = 2391$
 - - - 1925 Estimado $\Sigma = 1200$
 (N) } Números de días de lluvia
 <N/M> } Números de días de lluvia fuerte

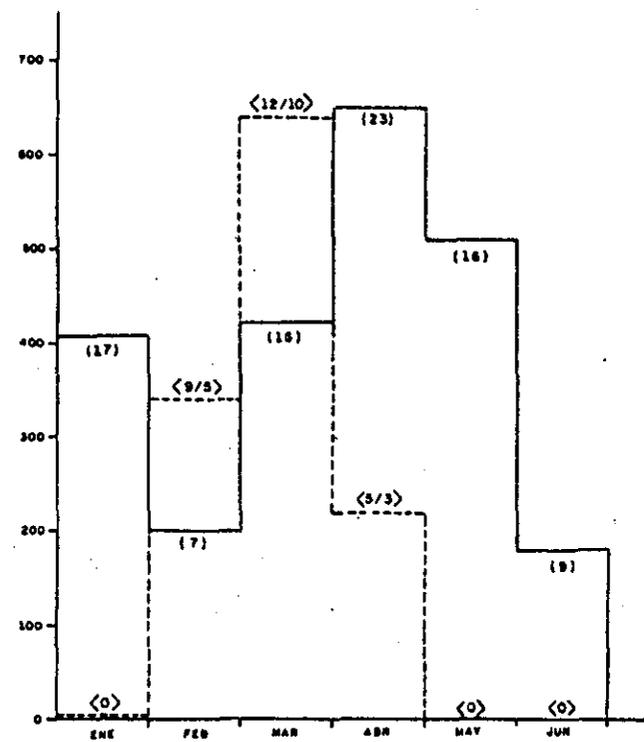


FIGURA 4

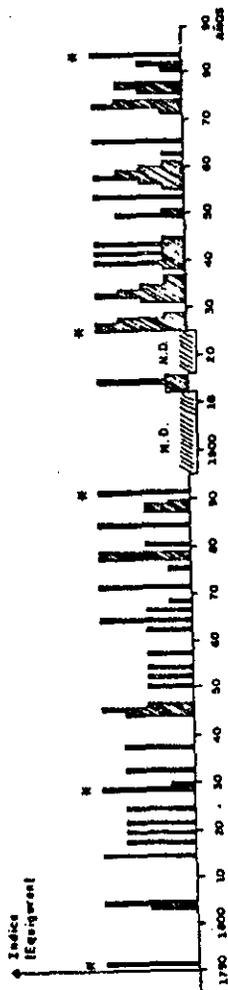


FIGURA 7

2do. / 1er.	0	1	2	3	4	Total Parcial
0	55	7	11	8	10	91
1	10	2	2	0	5	19
2	9	3	1	1	3	17
3	8	2	2	1	1	14
4	10	5	1	4	2 (.09)	22
S/D	0	1	0	0	2	3

Total Parcial	92	20	17	14	23 (.14)	Total	166
---------------	----	----	----	----	-------------	-------	-----

2do. / 1er.	Seco		Lluvias	Total Parcial
Seco	74	13	23	110
	12	1	4	17
Lluvias (Prob. Cond.)	25 (.69)	3 (.08)	8 (.22)	36
1er. Año Sin Datos	1	0	2	3

Total Parcial (Prob.)	112 (.68)	17 (.10)	37 (.22)	Total	166
-----------------------	--------------	-------------	-------------	-------	-----

FIGURA 7(A)

3er. / 1er.	0	1	2	3	4	Total Parcial
0	56	5	9	7	12	89
1	8	6	0	1	4	19
2	7	3	2	3	2	17
3	8	2	2	2	0	14
4	12	2	4	1	2 (0.1)	21
S/D	1	2	0	0	3	6

Total Parcial	92	20	17	14	23 (0.14)	Total	166
---------------	----	----	----	----	--------------	-------	-----

3er. / 1er.	Seco		Lluvias	Total Pares
Seco	75	9	24	108
	10	2	5	17
Lluvias (Prob. Cond.)	24 (0.69)	6 (0.17)	5 (0.14)	35
1er. Año Sin Datos	3	0	3	6

Total Parcial (Prob.)	112 (0.68)	17 (0.1)	37 (0.22)	Total	166
--------------------------	---------------	-------------	--------------	-------	-----

FIGURA 7(B)

CONDICIONES METEOROLOGICAS EN EL PERU DURANTE EL FENOMENO DE "EL NIÑO" 1982-1983

Felipe Huamán Solís
Alfonso García Peña
Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología - SENAMHI, Lima

Resumen.— *Se presenta una evaluación del comportamiento de cuatro parámetros meteorológicos: temperatura, precipitación, presión atmosférica y vientos durante el fenómeno El Niño 1982-83. También se presenta una distribución geográfica más detallada de la precipitación en la vertiente del Pacífico para la región de la costa norte.*

Abstract.— *The behaviour of four meteorological elements: air temperature, rainfall, atmospheric pressure and winds during El Niño phenomenon are presented. Also the geographical distribution of rainfall on the north western coast of Peru.*