



# EL IMPACTO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN ZONAS URBANAS

**Arturo Rocha Felices**  
Consultor de Proyectos Hidráulicos

## Primera Parte:

### EL FENÓMENO EL NIÑO

*Este artículo es una adaptación y resumen de algunos capítulos de un trabajo integral que prepara el autor sobre el Impacto del Fenómeno de El Niño en diversos aspectos de la vida nacional.*

#### Presentación del tema

El impacto fuertemente negativo de los grandes Niños sobre la vida, la salud, el bienestar y la economía de una porción importante de la población nacional es innegable. El conocimiento científico de las circunstancias vinculadas a esta enorme complejidad meteorológica-oceanográfica, que se desarrolla en una parte significativa del planeta, es muy importante y, afortunadamente, se sigue trabajando en el análisis y desarrollo de métodos para el pronóstico de su ocurrencia a corto plazo.

Sin embargo, el pronóstico es sólo un aspecto del problema. Al ingeniero proyectista le interesa conocer la probabilidad de ocurrencia de eventos de determinada magnitud para su consideración en la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las infraestructuras. Esto es particularmente importante para las ciudades ubicadas junto a los ríos.

Nuestro conocimiento del Fenómeno de El Niño (FEN) ha aumentado significativamente en los últimos años. El FEN se manifiesta como una fuerte modificación del clima dominante en un lugar determinado. Es como si de pronto la región afectada y sus habitantes se hubiesen trasladado a otro lugar de la Tierra.

En los últimos cinco siglos el Fenómeno de El Niño se ha presentado en el Perú muchas veces, once de ellas con una magnitud importante e ingentes daños materiales y económicos y, lo que es más lamentable, con pérdida de vidas humanas, y ha constituido lo que para los fines de la presente exposición se denomina Meganiños. Su intervalo medio, según nuestro análisis, resulta ser de 38 años para la costa norperuana.

Los lamentables acontecimientos climáticos de los últimos años han mostrado la gran vulnerabilidad de ciudades y centros poblados, así como de muchas estructuras que, lamentablemente, han fallado. La experiencia vivida ha mostrado que los daños causados por los Meganiños han sido generalmente muy grandes. Una parte importante de nuestra reflexión

sobre el tema tiene que estar encaminada al esclarecimiento de las causas que motivan la gran intensidad de dicho impacto.

Las causas son básicamente cuatro:

- a) La magnitud de la alteración climática producida,
- b) La gran separación entre algunos Meganiños,
- c) La pobreza que existe de manera crónica en gran parte de la población afectada, y
- d) La falta de planificación en la ocupación territorial y en el desarrollo de las infraestructuras.

#### El FEN como manifestación climática en un clima árido

Para comprender la naturaleza del Fenómeno de El Niño y sus efectos e impacto en un lugar determinado es indispensable analizar las circunstancias relativas al clima de ese lugar. En general son varias las condiciones atmosféricas determinantes del clima, entre las que están: la presión barométrica, la humedad relativa, los vientos, la nubosidad, la temperatura del aire y las precipitaciones. En consecuencia, y pensando por ejemplo en las lluvias, hay en un extremo regiones áridas y semiáridas y, en el otro, lugares en los que el clima es húmedo y aun hiperhúmedo. El clima es, pues, el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan un espacio determinado. El clima se suele definir también como la temperatura particular y demás condiciones atmosféricas y telúricas de cada región.

Usualmente el clima varía dentro de ciertos rangos o límites. No es, pues, una constante; es una tendencia. En una región determinada hay un clima persistente (dominante), que es el que está presente la mayor parte del tiempo y que da a esa región sus características típicas para el desarrollo de la vida y de las actividades económicas conexas. El clima dominante determina muchos aspectos cotidianos, como por ejemplo, nuestro modo de vestir, las características de nuestras ciudades, nuestras viviendas, la arquitectura, los materiales de

construcción, las áreas de esparcimiento, el tipo de agricultura y, en general, todo aquello vinculado a la vida y a las actividades económicas.

La aparición del Fenómeno de El Niño significa una violenta e inusual manifestación climática y, por lo tanto, todo el desarrollo biológico y económico de la zona afectada sufre un enorme impacto. Eso es lo que ocurre, por ejemplo, en la costa norte del Perú. En ella el FEN se caracteriza, desde el punto de vista hidrometeorológico, principalmente por un aumento generalizado de la temperatura ambiental y por la ocurrencia de fuertes e inusitadas lluvias de gran duración e intensidad, que traen como consecuencia un notable incremento de las descargas de los ríos y quebradas.

El clima de la costa es reconocido como cálido y seco, porque la mayor parte del tiempo lo es; sin embargo, está fuertemente determinado por la temperatura del mar. Para los efectos del presente trabajo interesa demostrar que desde muy antiguo ha habido entre la población la convicción de la sequedad de la costa, pero no como clima dominante, sino como si éste fuese el clima permanente e inalterable. Este hecho ha tenido enormes repercusiones en nuestra concepción de la ocupación territorial y en el desarrollo físico de los últimos siglos.

Es en este contexto climático de gran aridez que se producen eventualmente copiosas lluvias cuyo volumen acumulado llega en los Meganiños a valores inusitadamente altos. Algunos ejemplos resultan muy ilustrativos. Durante 1983 en Tumbes, en la Estación El Tigre, llovió 3000 mm; sin embargo, el promedio anual de los 19 años precedentes era de 256 mm; es decir que llovió una cantidad equivalente a 12 veces el promedio histórico. Hasta antes de las citadas lluvias de 1983 la precipitación anual máxima en la citada Estación era de 562 mm (1972) y la mínima era cero (1968). En la zona de Piura y Catacaos la lluvia media anual era de 47 mm en los 20 años anteriores a 1983. Esa era la precipitación normal, pero al presentarse el Meganiño de 1982-83 la lluvia anual fue de 1761 mm,



vale decir casi 38 veces el promedio histórico. En estos fuertes contrastes reside la característica pluvial del FEN.

Otra de las características de las lluvias correspondientes al FEN es su gran duración, que puede ser de semanas o meses. Una de las lluvias de más larga duración de las que se tiene registro y mediciones fue la que ocurrió en Piura y Tumbes entre diciembre de 1982 y junio de 1983, la que tuvo un enorme impacto económico y estructural. Otra de las características de las lluvias durante el FEN corresponde a las altísimas intensidades que se registran. Así por ejemplo, el 18 de enero de 1998, durante el Meganiño de ese año, en Sullana llovió 216 mm; este es un valor extraordinariamente alto en cualquier parte; lo es más todavía en un lugar donde usualmente la precipitación de todo un año no alcanza ni remotamente ese valor. En Chulucanas en enero de 1983 hubo un día en el que llovió 203 mm. En la Estación Miraflores (Piura) se ha registrado un máximo diario de 174 mm y en Morropón, de 171 mm.

Por lo tanto, lo característico del FEN, en especial de los Meganiños, es el contraste entre el clima habitual y la aparición circunstancial de un nuevo clima.

Durante el FEN las descargas de los ríos son grandes y persistentes. Cauces, que han estado secos durante mucho tiempo, reciben de pronto gran cantidad de agua. Todo esto produce enormes daños en las estructuras y en las ciudades ubicadas junto a los ríos. La experiencia vivida en los últimos años nos indica que se debe considerar un hidrograma de diseño y no un valor puntual para las crecidas.

## Magnitud e Intensidad

Desde el punto de vista del ingeniero proyectista las manifestaciones de la magnitud del Fenómeno están dadas fundamentalmente por los incrementos de temperaturas (aire y mar), precipitación, escorrentía y caudales de sólidos arrastrados por las corrientes fluviales. Así por ejemplo, en la cuenca del río Piura durante el año hidrológico 1997-98, la precipitación acumulada en los cuatro meses de mayor lluvia alcanzó el valor de 21 600 millones de metros cúbicos. La descarga máxima fue de unos 3500 m<sup>3</sup>/s. Estas son medidas de la magnitud del Fenómeno. Para una apreciación más amplia del FEN es necesario considerar su extensión y su duración. Muchas veces la extensión del Fenómeno es tal que compromete una parte importante del planeta.

Algunas veces la duración ha sido de varios años. A modo de ejemplo bastaría con recordar lo ocurrido con la inundación de Zaña,

para la que intensidad (daños) del Meganiño de 1720 fue de tal duración que hasta ahora se viven sus efectos.

La intensidad de los daños que se experimenta ante el Fenómeno de El Niño depende de la vulnerabilidad de la zona afectada. Un fenómeno natural extraordinario, aunque sea de gran magnitud, no tiene por que producir necesariamente un desastre. En todo caso, los desastres producidos por muchos fenómenos naturales se deben al desconocimiento que tenemos de la naturaleza, a la falta de planificación y de previsión en el diseño y en la construcción de las infraestructuras, a la irresponsabilidad o a la pobreza, pero nada de esto implica que se trate necesariamente de "desastres naturales."

Muchas veces se hace un uso ambiguo o inadecuado de la expresión "desastres naturales". Se suele considerar, por ejemplo, que una ciudad construida en las orillas de un río, que no tenga defensas ni encauzamiento, que es invadida por las aguas provenientes del desborde fluvial, ha sufrido un desastre natural que es consecuencia de un "castigo divino", de la "furia del río", de la "fuerza de las aguas" o "del rigor de la Naturaleza". Últimamente se diría que la destrucción se debió al "Fenómeno de El Niño". Estas explicaciones no

permiten avanzar mucho en el esclarecimiento de las causas de lo ocurrido.

## Daños causados por el FEN

Es muy útil describir y sistematizar los diferentes daños que ocurren o pueden ocurrir durante los grandes Niños. Es difícil realizar una clasificación rigurosa de los daños, pero se ha intentado hacerlo, en forma preliminar, considerando los aspectos más importantes. Sin embargo, debe señalarse que la relación tentativa adjunta que se ha preparado de los Aspectos Involucrados en los Daños Asociados a los Grandes Niños tiene el carácter más general posible. Se debe considerar que algunos daños que hace siglos podían ser enormes, como las epidemias, ahora no lo son tanto y, en cambio, otros que antes no existían, como podría ser la rotura de una gran presa, ahora sí son posibles.

La intensidad con la que se manifiesta el FEN en cada lugar y en cada momento depende no sólo de su magnitud, sino de diversos factores vinculados fundamentalmente al grado de desarrollo físico alcanzado, tanto en lo que respecta a la cantidad y a la calidad de las infraestructuras, como a la eficacia de las acciones de protección y prevención.

### ASPECTOS INVOLUCRADOS EN LOS DAÑOS ASOCIADOS A LOS GRANDES NIÑOS

#### **El hombre y su hábitat**

Vidas humanas y salud de la población.  
Ciudades, viviendas y edificios  
Instalaciones y servicios públicos urbanos

#### **Naturaleza**

Curso de los ríos. Geodinámica, paisaje.  
Vida animal. Flora y fauna silvestres y especies en extinción

#### **Infraestructura mayor**

Carreteras, puentes y ferrocarriles  
Obras hidráulicas  
Puertos y aeropuertos

#### **Agricultura y ganadería**

Infraestructura menor de riego y drenaje  
Tierras agrícolas y cultivos  
Producción pecuaria  
Viviendas y caminos rurales

#### **Pesquería y fauna marina**

Fauna marina en general  
Actividad pesquera y afines

#### **Instalaciones, industrias y servicios varios**

Instalaciones diversas (Hidroelectricidad, agua potable, etc.)  
Ruinas arqueológicas  
Estaciones de observación (hidrológicas, meteorológicas y de otro tipo)

#### **Actividades económicas y comerciales**

Turismo  
Calidad de vida, migraciones internas  
Producto Bruto Interno

Arturo Rocha



## Los Meganiños de los últimos cinco siglos

Es importante mencionar, aunque sea muy brevemente, datos del pasado que demuestran que la ocurrencia esporádica de lluvias fuertes es una constante en la árida costa del norte del Perú. Uno de los aspectos fundamentales para la evaluación del impacto de los Meganiños es el conocimiento de su probabilidad de ocurrencia. Para ello necesitamos datos. Las mediciones son muy escasas y muy recientes. Los datos del pasado son importantes porque nos permiten establecer, aunque sea rudimentariamente, series históricas lo suficientemente largas como para inferir el periodo de retorno del Fenómeno. Las fuentes de que se dispone para el conocimiento de las lluvias del pasado en la costa norte del Perú son diversas y variadas.

La identificación y estudio de los Meganiños del pasado forma parte de una amplia investigación en curso, de la que se adelanta algunos resultados, tal como puede verse en el cuadro adjunto Relación de Meganiños (1532-2010). A continuación se hace un rapidísimo recuento de los Meganiños de los últimos cinco siglos.

El objetivo de la investigación es establecer con un razonable grado de seguridad los Meganiños ocurridos en los últimos cinco siglos, a partir del registro histórico iniciado en 1532 con la llegada de los españoles. El recuento se refiere exclusivamente a aquellos Fenómenos de El Niño que por su magnitud pueden considerarse Meganiños, es decir, grandes Niños. Para identificarlos se ha partido de los datos existentes en diversas fuentes y se ha establecido las alteraciones climáticas presentadas en la costa norte del Perú con las siguientes características:

- Gran extensión de las lluvias; es decir, se excluye las lluvias locales y sólo se considera aquéllas que cubrieron un área importante, lo suficientemente grande como para inferir la presencia de lluvias generalizadas en la región,
- Gran duración de las lluvias; es decir, se excluye aquellos años en los que las lluvias se presentaron por pocos días y sólo se considera aquellos años en los que se sabe que las lluvias tuvieron duraciones medidas en semanas,
- Aumento de la temperatura ambiental; este es un dato casi imposible de obtener en forma directa en las fuentes históricas muy antiguas, pero se puede inferir dicho aumento a través de ciertos indicadores, tales como los daños sufridos por las plantas, epidemias y plagas,
- Avenidas y desbordes de ríos; este es un dato muy incierto y que tiene que interpre-

tarse a la luz de la realidad hidráulica existente en cada momento y en cada río.

Se tiene así que en los 478 años comprendidos entre 1532 y el 2010 se habrían presentado once Meganiños. De ellos, los cinco que ocurrieron en los últimos 120 años tienen, ciertamente, información mucho más confiable y extensa. Precisamente, este periodo de 120 años se ha empleado para contrastar la serie total.

El primer Meganiño del que tenemos noticia cierta y detallada es el de 1578. Se trata del primer gran Niño post incaico. Este gran acontecimiento hidrometeorológico del siglo XVI se manifestó mediante fuertes lluvias en la costa norte que duraron aproximadamente dos meses. Se produjeron en Trujillo, Zaña, Chiclayo, Lambayeque, Piura y otros lugares de la costa norte.

Durante el siglo XVII aparentemente no ocurrió ningún Meganiño. Esto puede haber sido así o, simplemente, que no se ha encontrado información suficiente. Se tiene datos, muy incompletos, de grandes lluvias en Trujillo y Zaña en 1624. Parecería que se trató de un Niño importante, pero no se ha encontrado hasta la fecha elementos de justificación suficientes para considerarlo un Meganiño.

Durante el siglo XVIII el FEN se presentó varias veces, tres de ellas con características de Meganiño: 1720, 1728 y 1791. Las intensas lluvias de 1720, se produjeron también en Trujillo, Piura y Paita y tuvieron una duración de varias semanas. El acontecimiento más impactante del Meganiño de 1720 fue la destrucción de la por aquel entonces próspera y opulenta ciudad de Zaña, en el hoy departamento de Lambayeque.

Sin embargo, los daños no quedaron en lo descrito, ya que ocho años después se presentó el Meganiño de 1728. Se trata de un intervalo entre Meganiños sumamente pequeño. Ocurrieron grandes lluvias en Paita, Piura, Sechura, Zaña, el valle de Chicama y Trujillo. En Chocope y Trujillo llovió cuarenta días. En Zaña llovió doce días y "corrieron ríos de agua por las calles".

Los Meganiños de 1720 y 1728 fueron muy próximos. Su impacto económico ha sido ampliamente estudiado y se ha establecido con toda precisión la ruina agroeconómica que significó para el norte, especialmente para Lambayeque, la ocurrencia de dos grandes Niños con un intervalo de sólo 8 años.

En 1791, es decir, 63 años después, se presentó el tercer Meganiño del siglo XVIII. Llovió fuertemente en toda la región. Dice Eguiguren que "Las ciudades de Piura y Payta y casi todas las poblaciones del departamento quedaron semi arruinadas, habiendo el río arrastrado, el 7 de abril, el puente de Piura..."

Luego de la gran sequía que hubo en los primeros años del siglo XIX hubo en esta centuria tres Meganiños: 1828, 1877-1878 y 1891. En 1828, después de 37 años del último Meganiño, hubo importantes lluvias entre Trujillo y Piura que duraron catorce días y que configuraron el primer Meganiño del siglo XIX. José Gregorio Paredes, citado por Eguiguren, menciona que en Piura hubo "inmensas lluvias, tempestades de relámpagos y truenos, desconocidos allí como en lo demás de la Costa, desbordes de ríos e inundaciones. En el despoblado Sechura, hacia el punto dicho Cabo Verde, se formó en la ocasión un nuevo y caudaloso río..."

En 1877 y en 1878 se tuvieron nuevamente grandes lluvias, 49 años después del anterior Meganiño. En Chiclayo se produjeron fuertes lluvias. En la ciudad de Lambayeque los daños fueron muy grandes y la población fue auxiliada "por medio de embarcaciones que proveyeron toda clase de útiles y recursos...". Todos los pueblos y ciudades de la región quedaron aislados.

Trece años después, en 1891, en la costa norte del Perú soportaron fuertes y catastróficas lluvias; se trató del tercer Meganiño del siglo XIX. El Meganiño de 1891 es el primero de cuyo estudio tenemos noticia. Fue identificado claramente como una anomalía climática cuyo origen se vinculó al mar, como consta en las publicaciones de la época. Fue la primera vez que se estudió ampliamente lo sucedido, hasta donde lo permitían los conocimientos y mediciones existentes, y se planteó el origen oceánico de la anomalía climática ocurrida. En la costa norte se produjeron cuantiosos daños y se calcula que hubo 2000 muertos y 50 000 personas afectadas. En Piura y Tumbes se produjeron lluvias extraordinarias que duraron más de dos meses, las que causaron daños tremendos, pues fueron precedidas por varios años de sequía. Hubo desbordes de ríos y grandes daños a la agricultura. En Chiclayo y Trujillo se presentaron lluvias torrenciales que duraron más de dos meses y hubo tempestades, truenos y relámpagos. Chimbo-te quedó destruido en un 95%, Casma quedó en ruinas y Supe desapareció por el embate de las aguas. En Lima también ocurrieron cuantiosos daños, "el río Rímac se desbordó el 20 de marzo, anegando el puente Balta y avanzado sin obstáculos hasta las estaciones del ferrocarril de Desamparados y la Palma destruyendo los terraplenes y obras anexas e impidiendo el libre tráfico de los convoyes".

En 1925 y 1926, luego de 34 años, se presentaron dos Meganiños seguidos (en realidad, sólo el segundo responde a la definición internacional del FEN) que fueron de gran extensión y duración. Fueron los primeros de los cuatro Meganiños del siglo XX. En aquella oportunidad se midió un aumento de la temperatura



del mar, la que puede correlacionarse con el aumento de la precipitación. En 1925, año de fuertes lluvias, la temperatura del mar frente al Callao aumentó unos 10 °C, que es un cambio de temperatura intolerable para los peces y se produjo una gran mortandad como consecuencia de la cual “las playas quedaron cubiertas de millones de peces muertos”.

Los Fenómenos de 1925 y 1926 abarcaron toda la costa norte y parte de la costa central. Se caracterizaron por catastróficas lluvias, desbordamientos de ríos e inundaciones que causaron enormes estragos, especialmente en el departamento de Lambayeque. Schweigger señala que “los arenales al sur de Pisco se convirtieron en pampas verdes con hierbas y flores”, tal como había ocurrido en 1891. La zona de Pisco es excepcionalmente seca, de modo que para que se produzca dicha vegetación tiene que haber habido lluvias asociadas a un importante cambio del clima.

Durante el año hidrológico 1982-83 se hizo presente una vez más el Fenómeno de El Niño, 57 años después del anterior, pero esta vez ya con su nombre, pues los estudios científicos lo habían identificado como una complejidad meteorológica oceanográfica que cubría una parte importante de la Tierra. El tercer Meganiño del siglo XX produjo una severa modificación generalizada del clima en todo el Pacífico Sur, que abarcó principalmente desde Indonesia hasta América del Sur y que ocasionó considerables daños en Perú, Ecuador y Bolivia.

El año hidrológico 1982-83 fue, desde el punto de vista de las precipitaciones, muy húmedo en la costa norte del Perú. Para describir y evaluar la intensidad de los daños y el impacto del Meganiño de 1983 en el Perú es necesario pensar en dos hechos fundamentales. De un lado, el Intermeganiño fue muy grande. En los 57 años transcurridos la memoria se debilitó y se perdió conciencia de que vivimos en una zona en la que se producen esporádicamente grandes lluvias. De otro lado, el desarrollo infraestructural alcanzado era mucho más grande que el que había seis décadas atrás. Se había construido puentes y carreteras, las ciudades habían crecido, la ocupación del territorio era intensa y se había desarrollado los grandes proyectos de irrigación. Muchas de estas obras, no todas, fueron concebidas como si no existiese la posibilidad de grandes y catastróficas lluvias y el consiguiente aumento de las descargas de los ríos. El FEN 1982-83 tuvo un fuerte impacto en la economía nacional. Por ese entonces se comparó la magnitud de las lluvias y de las descargas de los ríos con los registros históricos existentes, y se concluyó, erróneamente, que se trataba de un fenómeno absolutamente extraordinario, cuya probabilidad de ocurrencia sería muy baja y que, en consecuencia, su periodo de retorno debía ser muy grande.

Sin embargo, contra todo lo que hubiese podido pensarse, 15 años después, en el año hidrológico 1997-98 apareció nuevamente el Fenómeno, con características similares y con una gran secuela de destrucción, muerte e impacto económico. Se trataba del cuarto Meganiño del siglo XX, el que causó un gran impacto económico debido a su larga duración. Estimaciones hechas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) de Naciones Unidas concluyeron que se trataba “del fenómeno meteorológico más violento vivido hasta el momento”.

En el Perú los daños fueron muy grandes. Se

estimó que se destruyeron 880 km de carreteras y 58 puentes. El Colegio de Ingenieros del Perú frente a la gravedad de la situación presentada publicó un libro sobre el Fenómeno del Niño 1997-1998, que contiene las enseñanzas dejadas por los hechos ocurridos.

### Recurrencia del FEN

De lo expuesto y del examen del cuadro adjunto Relación de Meganiños (1532-2010) se concluye que contrariamente a lo que a veces se dice, los Meganiños no son cíclicos ni periódicos; son estocásticos. Ocurren en cualquier

RELACIÓN DE MEGANIÑOS (1532-2010)		
AÑO	Intervalo	DAÑOS
1578	142	Fuertes lluvias en Lambayeque durante 40 días. Copiosas lluvias en Ferreñafe, Túcumpe, Íllimo, Pacora, Jayanca, Cinto, Chiclayo, Chicama, Chocope, Trujillo y Zaña. Desborde de ríos. Destrucción de canales. Gran daño a la agricultura. Epidemias. Plaga de langostas. No hay mediciones, pero sí numerosas descripciones. Solo hay información del Perú.
1720	8	Copiosas lluvias en Trujillo, Piura y Paita. Desborde de ríos. Destrucción de Zaña. Enormes daños económicos a la agricultura, especialmente en Lambayeque. No hay mediciones, pero sí numerosas descripciones. Solo hay información del Perú.
1728	63	Lluvias en Piura (hubo relámpagos y truenos), Paita, Zaña (12 días), Chocope, Trujillo (40 días, corrieron ríos de agua por las calles). Desborde de ríos. Reubicación de Sechura. Ruina económica de la agricultura, especialmente en Lambayeque.
1791	37	Fuertes lluvias en Piura, Paita, Lambayeque, Chiclayo y en otros lugares de la costa norte. Daños a la agricultura en Lambayeque. Fuertes lluvias entre Chincha y Pativilca.
1828	49	Importantes lluvias entre Trujillo y Piura (14 días). Tempestades. Desbordamientos de ríos. Inundación de Lambayeque. Formación de un río en Sechura.
1877-1878	13	Periodo húmedo de dos años seguidos Fuertes lluvias en la costa norte. Grandes daños en el departamento de Lambayeque: fue la ruina total de la agricultura. Impacto mundial. El Índice de Oscilación Sur se volvió negativo durante 19 meses, casi continuos.
1891	34	Torrenciales lluvias en toda la costa norte. En Piura, Trujillo y Chiclayo llovió 2 meses. Chimbote, Casma y Supe quedaron en ruinas. 2000 muertos, 50 000 damnificados. Desbordamientos del río Rímac. Fue el primero que empezó a estudiarse científicamente en el Perú.
1925	1	Fortísimas lluvias en todo el norte. En Tumbes llovió 1524 mm. En la cuenca baja del río Chancay-Lambayeque llovió 1000 mm. El río Rímac alcanzó los 600 m³/s. Desborde de ríos. Lluvias hasta Pisco. Aumento de la temperatura del mar (frente al Callao fue de 10 °C) y del ambiente. Plagas epidemias y enfermedades. Grandes daños económicos. No tiene las características que corresponden a la definición internacional del Fenómeno El Niño.
1926	57	Fortísimas lluvias en todo el norte durante 3 meses. En Tumbes llovió 1265 mm. Plagas epidemias y enfermedades. El Índice de Oscilación Sur se volvió negativo.
1983	15	Fuertes y largas precipitaciones en toda la costa norte. Llovió durante 6 meses en Piura y Tumbes. (2500 mm en Piura) Interrupción de carreteras. Fuertes pérdidas en la pesquería. Gran impacto mundial. El Índice de Oscilación Sur se volvió negativo.
1998	?	Grandes lluvias en todo el norte. Fuertes descargas de los ríos. Cuantiosas pérdidas. Cayeron 58 puentes. Plaga de langostas. Grandes pérdidas económicas. Gran impacto mundial. El Índice de Oscilación Sur se volvió negativo.

INTERVALO PROMEDIO 38 años

Arturo Rocha (abril 2011)



momento, a veces con intervalos muy grandes y, otras, muy pequeños. El carácter estocástico del FEN tiene que examinarse desde el punto de vista de la ingeniería y a la luz de la Oceanografía, la Meteorología y la Hidrología. Usualmente el FEN, que puede empezar en cualquier momento, se desarrolla durante el año hidrológico que empieza en septiembre u octubre y termina al año siguiente. Por ello los Niños, especialmente los grandes Niños, suelen designarse con un bienio, es decir, dos años sucesivos. Usualmente, por simplicidad, se designa al Fenómeno sólo con el año correspondiente al segundo.

### Reflexión final

Frente a los fenómenos naturales que constituyen amenazas para las infraestructuras, y que pueden eventualmente constituir desastres, la ingeniería se interesa por conocer fundamentalmente su magnitud y su probabilidad de ocurrencia. Magnitud y probabilidad de los eventos extremos son dos elementos asociados en el diseño. El conocimiento anticipado de la oportunidad en la que ocurrirá un determinado evento, es decir el pronóstico, es importante para el manejo de otros aspectos del comportamiento de las infraestructuras, así como para contrarrestar determinados daños producidos por el Fenómeno en otras actividades humanas.

La información existente de los últimos cinco siglos nos lleva a la conclusión de que el periodo de retorno de los Meganiños en la costa norte peruana es del orden de 38 años. Investigaciones más detenidas permitirán una mejor precisión, pero, la que se ha obtenido hasta la fecha es lo suficientemente confiable para obligarnos a su consideración en los diseños.

En consecuencia, la actitud de la ingeniería frente al Fenómeno de El Niño debe ser la de considerarlo como un evento con el que tene-

mos que convivir. Nada podemos hacer para impedir que ocurra, pero sí mucho para atenuar sus efectos negativos.

### Referencias

1. BLAIKIE Piers et al. **Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres.** La RED-ITDG. Bogotá, Colombia. 1966.
2. COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU. **Informe del Fenómeno del Niño 1997-1998.** Consejo Nacional. Lima, junio 1998.
3. EGUIGUREN Víctor. **Las Lluvias en Piura.** Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, Boletines N° 7, 8 y 9, diciembre 1894.
4. HUERTAS Lorenzo. **Diluvios Andinos a través de las fuentes documentales.** Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. Lima, 2001.
5. QUINN, William H., NEAL, Victor, ANTUNEZ DE MAYOLO, Santiago E. **Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries.** Journal of Geophysical Research Vol. 92, N° C13 December 1987.
6. ROCHA FELICES Arturo. **Recursos Hidráulicos.** Colección del Ingeniero Civil. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima, noviembre 1993.
7. ROCHA FELICES Arturo. **La ingeniería civil ante el Fenómeno de El Niño.** Primer Congreso Panamericano de Ingeniería Civil y Planificación. CIP-UPADI Lima, noviembre 1998.
8. ROCHA FELICES Arturo. **El impacto del Fenómeno de El Niño en las estructuras hidráulicas.** Primer Foro Regional de Ingeniería Civil del norte peruano. Colegio de Ingenieros del Perú. Trujillo, junio 2000.
9. ROCHA FELICES Arturo. **El Meganiño de 1578.** Revista «Ingeniería Civil» del Colegio de Ingenieros del Perú-Consejo Departamental de Lima. Año 6, N° 28-2002.
10. ROCHA FELICES Arturo. **La inundación de Zaña de 1720.** XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Iquitos, octubre 2003.
11. ROCHA FELICES Arturo. **El impacto del Fenómeno de El Niño en las obras de ingeniería.** Conferencia. Colegio de Ingenieros del Perú. Consejo Departamental Ancash-Chimbote, agosto 2003.
12. ROCHA FELICES Arturo. **La costa peruana y su vulnerabilidad frente al Fenómeno de El Niño.** Revista del Capítulo de Ingeniería Civil del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú. Año 8, Número 29, Lima, 2006.
13. ROCHA FELICES Arturo. **Las famosas lluvias de 1925 y 1926: ¿El primer Meganiño del siglo XX?** ICG, HIDRO 2011.
14. RODRÍGUEZ BORRIS Rafael. **Las presas peruanas y el Fenómeno El Niño.** Comité Peruano de Grandes Presas. Boletín N° 39, septiembre-octubre 2001.

## Segunda Parte:

# LAS INUNDACIONES DE LOS CENTROS URBANOS

### Aspectos Generales

Uno de los problemas más interesantes, y siempre actual, de la ingeniería fluvial es el de las inundaciones. Las fuertes y esporádicas lluvias, el incremento notable de los caudales de ríos y quebradas, los huacos y las consiguientes inundaciones no son nuevos en el Perú. Pero, también es cierto que sus efectos se sienten cada vez con mayor intensidad, a veces con características de desastre, debido a diversos factores entre los que están la creciente erosión de cuencas, el aumento de la deforestación, la explosión demográfica, la concentración poblacional, el mal uso de la

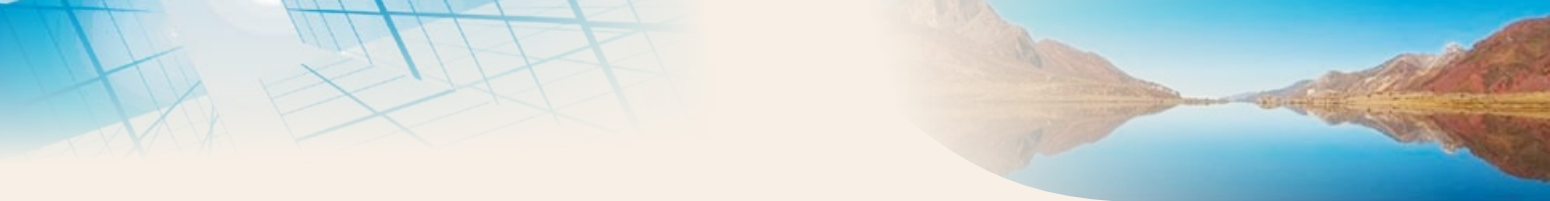
tierra y la no consideración de los más elementales conceptos de Hidráulica Fluvial. Es decir, que todos los factores giran en torno a nuestra falta de previsión y de planificación.

En numerosos lugares de la costa peruana hay ciudades y centros poblados en los que al producirse un cambio circunstancial del clima, debido al Fenómeno de El Niño (FEN) o no, y presentarse grandes lluvias y descargas de los ríos, la interacción entre ellas y las ciudades ubicadas cerca de ellos se torna muy intensa y, como consecuencia, sufren con mayor fuerza el impacto del exceso de agua. En esas condiciones la ciudad se ve sometida, tanto a la

agresión fluvial como a las lluvias excepcionales, lo que multiplica los daños. Es entonces cuando se producen las temidas inundaciones que en algunos lugares son muy frecuentes y en otros ocurren solo eventualmente.

Debe recordarse que una avenida no es lo mismo que una inundación. Una avenida es un fenómeno natural, producto de determinada combinación de agentes hidrometeorológicos. La Hidrología, a partir de la información existente, determina la probabilidad de ocurrencia de avenidas de determinada magnitud. Si una cierta avenida no queda contenida en la caja fluvial se produce





el desbordamiento y la correspondiente inundación. En consecuencia, el estudio de las inundaciones corresponde a la Hidráulica. Hay otras formas en las que se puede generar una inundación, como por ejemplo por lluvia o por la rotura de una presa.

Desde hace años la ingeniería hidráulica ha venido estudiando medidas para controlar las inundaciones. Sin embargo, cada vez se hace más evidente que no hay protección absoluta y total y que, a medida que se diseñan obras de mayor envergadura, los costos aumentan enormemente. Por lo tanto, el control de las inundaciones no debe reposar exclusivamente en medidas infraestructurales, que son necesarias y complementarias, sino que debe considerar prioritariamente la correcta planificación del uso de la tierra y el conocimiento y manejo del río y de la cuenca.

Constantemente vemos como se construye casas, urbanizaciones e instalaciones de todo tipo ubicadas en áreas pertenecientes al río. Cada cierto tiempo se presenta una avenida, que puede no ser muy grande, y da lugar a una inundación, a los daños y a los pedidos de ayuda. Mientras no se haga un uso racional de la tierra que tenga en cuenta el comportamiento fluvial no habrá solución económicamente posible para los problemas de las inundaciones.

El exceso de agua en la ciudad causa la destrucción de muchos de sus elementos materiales constitutivos, tales como viviendas, edificaciones diversas, pistas y veredas, que resultan con fuertes daños. Se produce la destrucción de los servicios públicos (agua, alcantarillado, energía). También se ven afectados otros elementos de servicio de la ciudad, (es decir, de la población) y que muchas veces le dan el carácter de tal, como por ejemplo, hospitales, escuelas, centros de cultura, de protección social, de distracciones, de comunicación y de transportes, etc. Como consecuencia del exceso de agua se pierde no sólo partes importantes de una ciudad en lo que toca a los servicios a la población, sino que se pierde también elementos de un valor sentimental especial, como fue en Piura la caída del Puente Viejo en 1998. Los daños, tanto en cantidad como en calidad, dependen de las circunstancias de cada lugar y de cada época. En suma, todo lo que hace que la ciudad sea habitable resulta afectado por la inundación.

Conviene recordar que el año 1972 fue muy lluvioso en la costa norperuana y en la zona central del país. Se produjeron fenómenos, como los antes señalados, que causaron cuantiosas pérdidas. Ante la gravedad de la situación el Colegio de Ingenieros del Perú convocó a un simposio titulado Deslizamientos (Huaicos) e Inundaciones en el que se planteó

la necesidad de estudiar “en forma exhaustiva la ocurrencia de estos fenómenos y facilitar por consiguiente las acciones que se deben tomar, con el fin de disminuir en unos casos y suprimir en otros, sus efectos.”

Han pasado casi cuarenta años desde aquel simposio y los problemas originados por no haber aplicado una “Cultura de la Prevención”, que entonces se recomendó, han motivado que las avenidas y las inundaciones causen cada vez mayor impacto en nuestras vidas, salud y economía. Muchas veces se han producido verdaderos desastres, llamados impropia- mente naturales. En realidad, se trata de fenómenos naturales que pueden producir un desastre.

Las inundaciones ocurren en casi todas partes del mundo y son los desastres, originados en fenómenos naturales, que causan en el mundo mayor cantidad de víctimas y de daños. Se calcula que en el siglo XX más de tres millones de personas murieron en el planeta a consecuencia de inundaciones de diverso origen, lo que representó algo más del 50% de las víctimas originadas por fenómenos naturales.

Los riesgos de inundaciones urbanas son cada vez mayores. La causa está básicamente en una falta de coordinación entre el manejo integrado de la cuenca y del río y una planificación urbana adecuada. La mala ubicación de los centros urbanos con respecto a la amenaza que representa el agua es la causa esencial de los daños que se presentan, los que, en casi todos los casos, son perfectamente evitables. Existe una profunda relación entre la ubicación de los asentamientos humanos y su vulnerabilidad. En el Perú se tiene numerosos ejemplos de pueblos y centros urbanos que han sufrido las consecuencias de su mala ubicación. Dentro de las inundaciones urbanas en el Perú es famosa la de Zaña que ocurrió en 1720 y que precipitó la ruina de la ciudad y de su economía.

Los grandes daños que causan las inundaciones se deben no sólo a la acción directa de la fuerza del agua, sino a la destrucción de los sistemas de salubridad, a la falta de agua potable, a las aguas estancadas y, principalmente, a la falta de capacidad de recuperación de los pobladores económicamente deprimidos. Todo esto causa enfermedades y muertes.

### Viviendas precarias

En el Perú hay un gran número de centros poblados y de viviendas que son muy vulnerables al riesgo de inundaciones y huaicos. Los daños y la destrucción causada por el exceso de agua en zonas habitualmente secas no pueden separarse de la situación económica de la población y de la calidad constructiva de

sus viviendas, las que, según el material usado y las características de su construcción, sufren daños o destrucción. Se ha observado que durante las grandes lluvias las casas de adobe colapsan fácilmente. En algunos lugares ocurre que las casas están construidas a un nivel inferior al de la vereda y la calzada y, por lo tanto, resultan sumamente vulnerables.

Es indudable que quienes más sufren son los más pobres. En realidad, cuando se habla de viviendas perdidas se está hablando de construcciones absolutamente rústicas y precarias. Al temerse, a fines del 2001, la aparición de fuertes lluvias el Concejo Provincial de Trujillo dio una serie de recomendaciones a la población para el cuidado y mejora de sus viviendas. Se señaló que las “casas construidas con ladrillo crudo en asentamientos humanos corren el peligro de desplomarse en caso de lluvias.” Se recomendó también limpiar los techos de las viviendas, cubrirlos con mantas de plástico y reforzar los cimientos. Se señaló asimismo cual sería el recorrido de las aguas por las calles de Trujillo, luego de cruzar el cementerio de Mampuesto (lo que había ocurrido en otras oportunidades). Se pidió que “los que tienen sus casas en las quebradas (por ejemplo, las de León y San Ildefonso) deben abandonarlas y reubicarse en zonas más altas”. Como puede verse estaba todavía fresco el recuerdo de lo ocurrido el año 1998.

En ciudades importantes como Piura se ha visto el colapso de los sistemas de agua y alcantarillado durante el FEN. En algunas oportunidades esto ha producido, además de la interrupción del servicio de agua, que las aguas servidas inundan la ciudad por obstrucciones en sus puntos de descarga con el peligro de epidemias que esto representa.

### Inundaciones del pasado

La destrucción de ciudades y viviendas es una constante asociada a los grandes Niños. Los datos más antiguos de los que se tiene noticia cierta y detallada en la costa norperuana corresponden al Meganiño de 1578; se sabe que casi todas las casas de los lugares afectados por las lluvias resultaron destruidas o fuertemente dañadas. Lo mismo ocurrió con iglesias y locales públicos. Durante el Meganiño de 1997-98 se estima que hubo en el territorio nacional 100 000 viviendas, 800 locales escolares y 600 postas médicas, entre afectados y destruidos. Hubo alrededor de 200 000 damnificados.

En el lapso de 420 años comprendido entre los dos Meganiños arriba mencionados se produjeron otros nueve, con lo que se podría decir que en los últimos cinco siglos ha habido unos once Meganiños en la costa norte con un intervalo medio del orden de treinta y ocho años.



## Las acciones humanas

Sin embargo, no sólo se presentan daños durante eventos hidrometeorológicos extraordinarios, como podría ser el FEN, sino que a veces existe tal acumulación de circunstancias desfavorables, originadas por acciones humanas equivocadas, que aun sin la presencia de eventos extremos se producen inundaciones que causan grandes daños. Por ejemplo, el 15 de marzo del 2001 se desbordó el río Chillón e inundó la urbanización San Diego, ubicada en una zona muy próxima al río y en una cota inferior a la que alcanzan las aguas del río. Muchos pobladores perdieron sus viviendas y enseres. En otros lugares, por ejemplo en las márgenes del río Rímac, las viviendas están ubicadas al borde mismo de una margen sujeta a erosión. Entonces, en cualquier momento, sin ningún fenómeno excepcional, puede producirse una tragedia. El problema es la alta vulnerabilidad de muchas viviendas y asentamientos humanos.

## Orígenes y manifestación de las inundaciones

Si bien es cierto que las inundaciones se manifiestan de diversas formas, también lo es que cuando originan desastres esto se debe, casi siempre, a fallas en la planificación del uso de la tierra. Lo más dramático de esta afirmación es que, por lo general, no hay problemas técnicos difíciles para definir las áreas peligrosas. Sin embargo, a pesar de su peligrosidad, muchas veces ya demostrada, los pobladores se asientan en ellas.

A menudo las formas en las que se manifiestan las inundaciones están superpuestas. Sólo con fines de ordenamiento de las ideas es que se señala a continuación que una inundación de origen fluvial y/o pluvial que afecta centros poblados o rurales se manifiesta como consecuencia de una o más de las siguientes circunstancias:

### a) Exceso de agua de lluvia e incapacidad o inexistencia de un sistema de evacuación de aguas pluviales.

La urbanización, es decir, la construcción de pistas, veredas, casas y edificios, impermeabiliza el suelo y aumenta el coeficiente de escorrentía. Cuando se presentan grandes lluvias sobre un centro poblado y no hay condiciones naturales de drenaje se requiere de un sistema de evacuación de aguas pluviales. Es decir, es de vital importancia tener un sistema de drenaje urbano que elimine por gravedad o por medio de bombeo el exceso de agua.

Las lluvias que ocurren durante el FEN son copiosas y el gran volumen que representa su valor acumulado, que suele expresarse como

una altura en milímetros, llega en los Meganiños a valores inusualmente altos. Petersen menciona que la precipitación acumulada en 1925, en Zorritos (Tumbes) fue 1524 mm.

Hay lugares o circunstancias en las que durante los Meganiños la precipitación anual puede ser 30 ó 40 veces el promedio histórico. Este contraste resulta más impactante si se tiene en cuenta que en algunos lugares la precipitación acumulada en los años inmediatamente precedentes al FEN es cero. Así por ejemplo, en la zona de Piura y Catacaos (parte baja de la cuenca del río Piura), la lluvia media anual era de 47 mm en los veinte años anteriores a 1983. Esa era la "precipitación normal", pero, al presentarse el Meganiño de 1983 la lluvia anual fue de 1761 mm, vale decir casi 38 veces el promedio histórico. En Morropón, ubicado en la misma cuenca, la lluvia media anual era de 366 mm hasta antes de 1983. Al presentarse el Meganiño antes señalado, la lluvia fue de 2891 mm, es decir casi ocho veces el promedio histórico. En Tumbes, estación Puerto Pizarro, durante 1983 la lluvia total fue de 3174 mm. Esta cantidad representa la suma de los 19 años precedentes en una serie cuyo valor mínimo es de casi 2 mm. En un solo mes, abril 1983, llovió lo mismo que la suma de los seis años precedentes.

Otra de las características de las lluvias durante los Meganiños corresponde a las altísimas intensidades que se registran. La intensidad es la cantidad de lluvia que cae en un tiempo determinado. Usualmente se habla de intensidades referidas a un minuto, una hora o un día. Así por ejemplo, el 18 de enero de 1998, durante el Meganiño de ese año, en Sullana llovió 216 mm, que es un valor extraordinariamente alto en cualquier parte y que lo es más todavía en un lugar donde usualmente la precipitación de todo un año no alcanza ni remotamente ese valor. En Chulucanas en enero de 1983 hubo un día en el que llovió 203 mm. En Morropón el valor máximo registrado para la intensidad es de 171 mm en 24 horas. Las intensidades horarias también son altísimas. Se recuerda para Piura los siguientes valores: Montegrande, 80 mm/hora (23 de marzo, 1983); Chignia, 103 mm/hora (25 enero 1983), Chilaco, 119 mm/hora (24 de marzo de 1983).

Hay lugares en los que a consecuencia del exceso de agua de lluvia los daños son muy grandes. Así ha ocurrido, por ejemplo, en Tumbes, Sullana, Piura y muchísimos lugares más, tanto en los Meganiños más antiguos de que se tiene noticia como en los más recientes. Hay barrios y urbanizaciones ubicados en zonas de la ciudad, sin ninguna condición natural de drenaje. Allí, naturalmente, el problema es más grave. En Tumbes se presentan usualmente durante los grandes Niños graves problemas de inundación urbana por exceso

de agua de lluvia. Así, durante el Meganiño 1997-98 fue lamentable la inundación del barrio de San José ubicado a una cota muy baja, con 4000 viviendas afectadas y 22 000 pobladores damnificados.

Hace años era frecuente ver en numerosas ciudades de la costa peruana que a lo largo de las calles había canaletas colectoras de agua de lluvia, las que hoy han desaparecido. Para resolver este problema de las inundaciones, agravado por la expansión urbana de las últimas décadas y por la desordenada ocupación territorial, se ha hecho algunos avances, pero no se atacado frontalmente el problema. Sin embargo, no basta con la construcción de sistemas de evacuación de aguas pluviales, sino que debe dárseles adecuado mantenimiento. Los largos periodos secos, sin lluvias importantes, que a veces duran varios años, agravan el problema del abandono de los sistemas de evacuación, los que se llenan de basura, escombros y desperdicios. Al presentarse una lluvia fuerte en esas condiciones suele suceder que el sistema de drenaje esté bloqueado y, por lo tanto, inútil.

### b) Invasión del centro poblado por uno o más brazos fluviales creados súbitamente a partir de un río cercano

Cuando se tiene ríos jóvenes sujetos a la aparición eventual de grandes avenidas que pueden tener larga duración, como ocurre en algunos lugares cuando se presenta el Fenómeno de El Niño, esto trae como consecuencia que debido a la inestabilidad fluvial, a la inexistencia o mal estado del encauzamiento y a otros factores, como podrían ser los originados en acciones humanas, el río manifieste su dinamismo dando lugar a la aparición de nuevos cauces y brazos. Podría tratarse también de la activación de una quebrada (de aquellas que llaman erróneamente "quebradas secas"). Estos fenómenos han ocurrido muchas veces y los nuevos cauces creados así tienen vida efímera, pero pueden ser muy destructivos. La ubicación de ciudades, urbanizaciones y centros urbanos en general, cerca o sobre uno de estos brazos genera inundaciones importantes.

Naturalmente que la ubicación de un asentamiento humano debe realizarse luego de un estudio de Hidráulica Fluvial, que incluya la dinámica fluvial, su variación en el tiempo y la identificación de los paleocauces.

### c) Por desborde del río debido a la incapacidad de su cauce para contener la avenida presentada

La incapacidad del cauce para contener los caudales que se presentan puede tener diversas causas. Una de ellas podría ser un derrum-

be (un huaico) que obstruya parcialmente el cauce del río. Se presentan también obstrucciones originadas por las acciones humanas, así como por diversas obras de ingeniería, puentes y encauzamientos. Existe la mala costumbre de arrojar desperdicios, desmonte y basura a los cauces fluviales, con lo que se produce un estrechamiento, que puede ser importante. Así ocurre, por ejemplo, en el río Chillón, muy cerca de Lima y también en el Rímac. Hay también estrechamientos excesivos originados por construcciones que prácticamente invaden el cauce del río. Los encauzamientos en los tramos urbanos también disminuyen la capacidad de descarga del río, como sucede con los ríos Piura y Rímac.

Una gran avenida puede exceder la capacidad de la caja fluvial, sea ésta natural, o formada por un encauzamiento (a veces, excesivo). En algunos valles ocurre que la ciudad se desarrolla en un área próxima al río, pero ubicada a un nivel inferior que el correspondiente a las crecidas fluviales, lo que crea una situación muy grave.

Hay otro fenómeno fluvial interesante. A veces sucede que el río tenía, muchos años atrás, varios brazos que salían de su curso principal, como una manifestación de su tendencia a formar un abanico fluvial. Con el paso del tiempo, las labores de urbanización y la ausencia de lluvias, estos brazos fueron paulatinamente cerrados por considerarlos inútiles. Al presentarse una gran crecida y no tener el río esos antiguos brazos para evacuar el alto caudal presentado se produce el desborde del cauce principal. Esto es lo que ocurrió, por ejemplo, en Ica en 1998.

Un caso interesante es el de la inundación de Chosica por desborde del río Rímac debida a varios factores. El 14 de marzo de 1998, año de un Meganiño, ocurrió un fuerte huaico. El caudal del río Rímac subió rápidamente hasta un valor que fue estimado en 212 m<sup>3</sup>/s. Una gran cantidad de agua, piedras de gran tamaño, lodo y cuerpos flotantes se incorporó violentamente al cauce fluvial dando lugar a una alteración de la sección transversal hidráulica por la enorme descarga de sólidos y el gran tamaño del material de arrastre, que llegó a tener rocas de más de 1 metro. La fuerza de los huaicos, aunada al grado de desprotección de la cuenca son causas del desplazamiento de árboles, troncos, postes, maleza, material flotante de diverso origen y cuerpos extraños con el consiguiente daño para las estructuras ubicadas a lo largo del río. Eventualmente, se forman palizadas.

En estas circunstancias, y dada la constricción y alteración que presentaba el cauce fluvial, se produjo el desborde de las aguas y la consiguiente inundación parcial de Chosica en ambas márgenes. El agua, luego de rebasar y

destruir la defensa de la margen izquierda corrió paralelamente al cauce del río y regresó a éste para lo cual destruyó el muro de contención de aguas abajo. Como consecuencia de este desborde se produjeron daños materiales en casas, locales y calles aledañas de Chosica.

Aguas arriba también hubo daños. El antiguo puente colgante de Chosica ubicado unos 500 metros aguas arriba de la bocatoma de la Central Hidroeléctrica de Huampaní, fuera de toda influencia de ella, quedó destruido. Lo que sucedió fue que al subir el nivel del agua en el río la enorme cantidad de cuerpos flotantes formó una gran palizada, la que fue inicialmente contenida por el tablero del puente colgante. Finalmente, el puente no pudo resistir más y el agua arrastró el tablero y la palizada, todo lo que fue lanzado por la fuerza del agua hasta la mencionada bocatoma.

Uno de los más serios problemas que se observa en el río Rímac en el tramo en el que atraviesa la ciudad de Chosica y donde se produjo el desbordamiento, es el estrechamiento al que se ha forzado el cauce, es decir, el tamaño limitado de la caja fluvial y la imposibilidad de que el río ocupe las áreas de inundación. Este es un problema que se presenta, lamentablemente, en muchas partes del país: la expansión urbana ha ocupado paulatinamente las áreas naturales de inundación de los ríos, las que como cauce secundario servían para el escurrimiento temporal de los caudales mayores. Es decir, que no se respeta la faja marginal. No han quedado áreas de inundación, pues éstas se han convertido en áreas urbanas. El ancho fluvial del río Rímac había quedado reducido a un valor medio de unos 30 m, aguas abajo del antiguo puente colgante. En una sección cercana a la bocatoma y aguas arriba de ella el ancho era sólo de 17 metros. Evidentemente que todo esto dificulta, distorsiona y hace poco menos que imposible el tránsito de las grandes avenidas cargadas de sólidos y de cuerpos extraños.

#### **d) Por estar el centro poblado ubicado sobre las áreas de inundación propias del río o sobre las llamadas quebradas "secas".**

La vulnerabilidad de los centros poblados por mala ubicación es impresionante. Se ven conjuntos habitacionales ubicados en el lecho de una quebrada (presuntamente "seca") en la que, sin embargo, se ve abundantes piedras y rocas que alguna vez fueron descargadas por la quebrada, o en las áreas de inundación propias del río. Es frecuente que se ignore que el cauce es el continente de las aguas durante sus máximas crecidas.

#### **e) Combinación o acumulación de los casos anteriores.**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE EL IMPACTO DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN ZONAS URBANAS**

### **Conclusiones**

- I. El Fenómeno de El Niño (FEN), con características de Meganiño, es una realidad que no puede ignorarse en la costa norte y central del Perú, pues su periodo de recurrencia para la costa norte es del orden de 38 años. En consecuencia, tenemos que convivir con el FEN y aceptar que su presencia intensifica notablemente la interacción entre la dinámica fluvial y el desarrollo urbano.
- II. Las obras de ingeniería son muy vulnerables al exceso de agua por lluvia o por escorrentía. Los Meganiños han causado en diferentes épocas enormes daños a las ciudades y a las obras de ingeniería, los que podrían haber sido menores mediante un adecuado planeamiento y diseño.
- III. Hay una interacción profunda entre las obras de ingeniería y la naturaleza. La mayor parte de los daños se origina en una inapropiada consideración de los aspectos hidráulicos vinculados a las obras de ingeniería. La aceptación de la ocurrencia de Meganiños con un periodo de retorno del orden de 38 años, obtenida de la información histórica, tiene que llevarnos a la adopción de nuevos criterios de diseño que incluyan la consideración de hidrogramas de crecidas.
- IV. Uno de los problemas más interesante y siempre actual de la ingeniería fluvial es el de las inundaciones, las que ocurren en casi todas las partes del mundo y son los desastres, originados en fenómenos naturales, que causan en el mundo la mayor cantidad de víctimas.
- V. En el Perú, especial, pero no únicamente durante el FEN, las inundaciones, por lluvia, por desborde fluvial o por ambas causas, han producido importantes daños en los centros poblados y los riesgos de inundaciones urbanas son cada vez mayores.
- VI. La causa principal de los daños radica en una carencia de coordinación entre el manejo de la cuenca y del río y en la falta de planificación del uso de la tierra. La mala ubicación de los centros poblados con respecto a la amenaza que representa el agua es la causa esencial de los daños que se presentan, los que en casi todos los casos son perfectamente evitables.





## Recomendaciones

- I. Las ciudades y los centros poblados no deben ubicarse ni expandirse en las proximidades de los ríos, sin haber realizado antes un cuidadoso estudio hidráulico, que incluya la posibilidad de ocurrencia del Fenómeno El Niño.
- II. Los planes de ornato y embellecimiento

de las ciudades que consideren la incorporación del río, en cuyas márgenes o proximidad se encuentren, deben considerar, como parte de un estudio multidisciplinario, el comportamiento fluvial durante el Fenómeno de El Niño, en las zonas en las que éste ocurre.

- III. Las ciudades y centros poblados ubicados en zonas sujetas al Fenómeno El

Niño deben prever adecuados sistemas de drenaje urbano.

- IV. En el diseño de las estructuras, como los puentes, se debe considerar que la ocurrencia del Fenómeno El Niño significará un hidrograma de crecidas que tendrá que tomarse en cuenta para el cálculo de la socavación y de los encauzamientos. ■

## Referencias

1. ARTURO ROCHA INGENIEROS ASOCIADOS S. A. **Estudio Integral del Control de Avenidas en el río Tumbes y Programa de Rehabilitación y Reconstrucción del departamento de Tumbes, luego del Fenómeno de El Niño de 1983.**
2. BARRERA José Luis. **Inundaciones en las grandes ciudades.** Revista Profesionales N° 110, Noviembre-Diciembre 2007, España.
3. BLAIKIE, Piers et al. **Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres.** La RED-ITDG, Bogotá, Colombia, 1996.
4. COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ. **Simposio: Deslizamientos (Huaicos) e Inundaciones.** Lima 1972
5. DOMÍNGUEZ TALAVERA Iris V. **Entwurfsoptimierung städtischer Abwasserentsorgungssysteme.** Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (T H), Karlsruhe, Heft 218, 2002.
6. FRANCO Eduardo. **La gestión de los riesgos de desastre ENSO desde una perspectiva social.** I Encuentro de Universidades del Pacífico Sur. Piura 1999.
7. GEOLOGICAL SURVEY. **Aspectos Hidráulicos e Hidrológicos en la Planificación de las Planicies de Inundación.**
8. MARTÍNEZ VARGAS Alberto. **Aporte sobre huaycos e inundaciones en el Perú.** Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1999.
9. MASKREY Andrew. **Los desastres no son naturales.** Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), Bogotá, Colombia, 1993.
10. PALOMINO VELAPATIÑO Zuly y CAMPAÑA TORO Roberto (Asesor). **Medidas de atenuación de avenidas en la cuenca baja del río Chillón.** Tesis de Grado. Universidad Nacional de Ingeniería.
11. REYES Jorge. **Inundaciones y drenaje urbano-Perú.** En el libro Inundações urbanas na América do Sul. ABRH.
12. ROCHA FELICES Arturo. **Recursos Hidráulicos.** Colegio de Ingenieros del Perú, Libro 16. Lima, 1993.
13. ROCHA FELICES Arturo. **La ingeniería civil ante el Fenómeno de El Niño.** Conferencia Inaugural. Primer Congreso Panamericano de Ingeniería Civil y Planificación. CIP-UPADI. Lima, 1998.
14. ROCHA FELICES Arturo. **Examen del funcionamiento hidráulico y sedimentológico de la bocatoma de la C.H. Huampaní,** por encargo de EDEGEL. 1998.
15. ROCHA FELICES Arturo. **El Meganiño de 1578.** Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros del Perú-CDL, Año 6-N° 28, 2002
16. ROCHA FELICES Arturo. **La inundación de Zaña de 1720 y las fallas en la planificación del uso de la tierra.** XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Iquitos, 2003.
17. ROCHA FELICES Arturo. **Asesoría en Hidráulica Fluvial para la «Revisión de los estudios básicos del encauzamiento y de los puentes ferroviarios en la quebrada Alcamayo-Cusco».** INRENA, diciembre 2004
18. ROCHA FELICES Arturo. **El Niño: ¿Un desastre o un Fenómeno?** Revista PUENTE N°4 Colegio de Ingenieros del Perú, marzo 2007.
19. ROCHA FELICES Arturo. **Revisión del estudio «Evacuación de descargas del aliviadero de emergencia y evaluación de daños a producirse en el río Chira por inundaciones» (Presa de Poechos).** Proyecto Chira-Piura, 2007.
20. ROCHA FELICES Arturo. **Problemática de las inundaciones y huacos en el Perú.** Instituto para la Mitigación de los efectos del Fenómeno de El Niño. IMEFEN. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, marzo 2007.
21. ROCHA FELICES Arturo. **El Meganiño 1982-83 «La madre de todos los Niños».** Segundo Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología, Saneamiento y Medio Ambiente, Lima, 2007
22. SALAS José D. **Sobre la Reconstrucción de Datos Hidrológicos Mediante Índices de Anillos de Árboles con Aplicaciones al Río Colorado.** Conferencia de Incorporación a la Academia de Ingeniería de México. México, Noviembre, 2008
23. VENTE CHOW. **Handbook of Applied Hydrology.** Mc Graw-Hill 1964.

