LLUVIAS E INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

Mª Victoria MARZOL JAÉN

Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna. mmarzol@ull.es

RESUMEN

La tromba de agua desencadenada el 31 de marzo de 2002 sobre Santa Cruz de Tenerife ha puesto de manifiesto los problemas que tiene esta ciudad cuando recibe más lluvia de lo habitual. En este artículo se estudian las características de la precipitación en Santa Cruz, a escala diaria, y la importancia de la torrencialidad y la irregularidad como rasgos sobresalientes. Además se establece la repercusión de los temporales de lluvia en su historia.

Palabras clave: Santa Cruz de Tenerife, temporales de lluvia, inundaciones, aluvión, riesgo.

ABSTRACT

The heavy downpour of rain on 31st March 2002 has revealed the problems that Santa Cruz has to endure every time that the amount of rainfall is stronger than usual. This article studies the characteristics of de rainfall in this city, in a daily scale, and the importance of the irregularity and the torrencial nature of the rainfall as its most important features. Also it is establish the importance of the storms in the history of this city.

Key words: *Santa Cruz de Tenerife, downpours, floods, alluvion, hazard.*

1. INTRODUCCIÓN

Santa Cruz de Tenerife, capital de la isla de Tenerife, tiene un clima bonancible, con moderadas temperaturas, que sólo suben en algunos días calurosos del verano, y unas escasas precipitaciones cuya media anual es de 233 mm (DORTA *et al.*, 1990; MARZOL *et al.*, 1991, 2002). Ahora bien, esa escasa pluviosidad media oculta el enorme peligro que se deriva de su distribución: un porcentaje elevado de la misma cae en cortos espacios de tiempo. Efectivamente, la lluvia tiene una elevada intensidad, cae con una gran irregularidad espacial y presenta una notable disparidad interanual. Este último rasgo, por el riesgo de inundaciones que entraña, es el que con más gravedad altera la vida cotidiana de esta ciudad.

Cualquier fenómeno extremo y excepcional de la naturaleza se convierte en un riesgo cuando produce efectos negativos en la sociedad (BURTON y KATES, 1972). Las lluvias extraordinarias constituyen uno de esos fenómenos climáticos en cualquier lugar, pero en el caso de Canarias es uno de los rasgos más característicos de las precipitaciones (MARZOL, 1988, 2001). Sin embargo, el riesgo en que se traduce deriva de las alteraciones que el hombre introduce en el medio físico, en especial las que resultan del proceso urbanizador y aún más en ciudades que como Santa Cruz han crecido en muchos de sus sectores en la creencia de que los avances técnicos pueden dominar a la naturaleza.

Por suerte, la magnitud de un fenómeno extremo es inversa a la frecuencia de su ocurrencia y en ello se han apoyado los técnicos para afirmar que los 323 mm de agua precipitada el 31 de marzo de 2002 no se volverán a presentar en los próximos 500 años. Sabemos, sin embargo, que no es necesario esperar tanto tiempo para que vuelva a llover con tal intensidad y en tal cantidad; aún más, es sabido que esta ciudad se inunda con cantidades de lluvia muy inferiores a la caída en ese fatídico día.

La historia de Santa Cruz de Tenerife ha estado marcada siempre por su adaptación a los obstáculos de su entorno físico. De entre esos obstáculos destacan seis barrancos que la atraviesan de Oeste a Este y la escasa amplitud del espacio entre el mar y las fuertes las pendientes de las laderas del monte de Las Mesas (525 m), por las que la trama urbana ha ido ascendiendo desde mediados del siglo pasado (GARCÍA, 1981). El primer asentamiento de Santa Cruz data del siglo XV y se hizo en el lugar previamente ocupado por una población prehispánica situado al borde del mar, en la margen izquierda del barranco de Santos. La consolidación del casco urbano y el trazado de sus calles para comunicar los diferentes barrios que iban surgiendo se hizo, a lo largo de los siglos XVIII y XIX, a costa de abovedar el cauce de cuatro barrancos y de varios de sus tributarios, por lo que en la actualidad sólo persiste abierto el cauce de los dos mayores, los de Santos y Tahodio, que se salvan con puentes, ocho y dos respectivamente.

Santa Cruz no está preparada para recibir lluvias cuando éstas se manifiestan de forma violenta, rasgo por otra parte habitual en ellas. Esta es la conclusión que se extrae de las hemerotecas en muchas ocasiones (el 12/9/1967 después de 37 mm, el 7/2/1973 con 89 mm ó el 14/12/1977 con 116 mm) y la misma a la que llega el estudio elaborado por el Colegio Oficial de Ingenieros de Santa Cruz de Tenerife después del 31 de marzo de 2002. El sector bajo de la ciudad se ha inundado siempre que han caído “más de cuatro gotas” y el barranco “ha corrido”. Testigos mudos pero elocuentes de este riesgo son la iglesia de La Concepción y el puente del Cabo, ambos situados en en el tramo en el que el barranco de Santos pierde su pendiente y desemboca en el mar, que se han inundado o desaparecido en innumerables ocasiones desde mediados del siglo XVIII. Se deconoce cuando se construyó el puente del Cabo pero se sabe que desde 1745 hasta 1893, fecha en la que se sustituye por uno de hierro para darle mayor solidez, el agua lo arrancó en once ocasiones.

Expresiones del tipo “se trata de la tromba de agua más fuerte en lo que va de siglo” (10/11/1950) o “los más viejos del lugar no recuerda una cosa semejante” (19-12-1953) son referencias que remiten a lo selectiva que es la memoria incluso cuando se trata de hechos extraordinarios. Otras, las más abundantes, como “anoche muchos habitantes de esta ciudad creyeron en un nuevo diluvio” (24/1/1979), “una gota de agua más hace que la ciudad quede inservible” (9-2-1973), “lluvias y piedras por las calles” (7/1/1978), “a partir de las 8 de la tarde la lluvia fue torrencial en Santa Cruz convirtiendo las calles en verdaderas riadas” (13/12/1968), o en siglos pasados “el 6/12/1853 hubo fuertes lluvias seguidas de un aluvión que puso en peligro la vida de los vecinos.... El 12/12/1859 volvió a llover desaforadamente y hubo que abrir los techos de las casas para salvar a los ocupantes”, “el barranco de Santos se ha tupido por el último aluvión y amenaza con inundar el barrio del Cabo” (XI, 1829), etc, hablan de la frecuencia con la que la lluvia se convierte en un problema grave para la ciudad.

2. FUENTES Y METODOLOGÍA UTILIZADAS

En primer lugar, se ha aplicado una metodología analítica de tipo estadístico a la serie de precipitación del observatorio meteorológico que el I.N.M. tiene en el centro de la ciudad (28º27'18"N y 16º14'56"W; 36 m de altitud) para conocer las características de este elemento climático. El estudio abarca 71 años, desde 1931 hasta 2001. La imposibilidad de acceder a la información horaria nos ha obligado a trabajar a la resolución diaria; eso ha supuesto el análisis de 25933 días, de los que tan sólo 3787 fueron lluviosos. La calidad de la serie está garantizada al tratarse de la estación oficial del Centro Meteorológico de Canarias occidental. Realizado el análisis estadístico, el paso siguiente fue determinar cuántos, en qué fechas y cuáles fueron los efectos de los temporales de lluvia en la ciudad. Para ello se extrajeron las fechas, desde 1931 hasta la actualidad, en las que la lluvia superó los 60 mm en 24 horas por considerar que esa cantidad produce inundaciones en la ciudad (el umbral fijado por Protección Civil y el INM es de más de 60 mm en 12 h). Se obtuvieron 20 fechas con este umbral. El tercer paso fue consultar la prensa escrita (periódicos *El Progreso, El Imparcial, La Tarde, El Día, Diario de Tenerife, El País, El Pueblo Canario* y *El Diario de Avisos*) con el fin de buscar las veces que la ciudad se ha inundado por las lluvias. Con este análisis se supo que además de esos 20 temporales, la ciudad se inundó y las piedras y el agua corrieron por sus calles en 32 ocasiones más a pesar de que la lluvia caída fue muy inferior a ese umbral. El recurso a las crónicas y publicaciones referentes a la historia de la ciudad nos permitió conocer las fechas de los aluviones en los siglos pasados, obteniéndose, entre 1550 y 1930, un total de 78 inundaciones, algunas de ellas de efectos catastróficos. La búsqueda del umbral de lluvia a partir del cual la ciudad se colapsa queda abierta en cuanto que se siguen analizando otras fuentes que aportarán, con toda seguridad, una mayor información.

Por último, se analizan los mapas sinópticos correspondientes a los temporales ocurridos desde 1973, año a partir del cual el Departamento de Geografía de La Laguna dispone de mapas del tiempo, con el fin de conocer las causas atmosféricas que desencadenan las lluvias con las que se inunda la ciudad.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA LLUVIA EN SANTA CRUZ DE TENERIFE

3.1. La precipitación anual

La lluvia en Santa Cruz es escasa, al estar situada a sotavento de las masas nubosas provenientes del norte, las más habituales en las islas, y por estar al nivel del mar. La precipitación media anual de 71 años (1931-2001) es de 233 mm. Esa cantidad de lluvia cae en 55 días, lo que supone que sólo llueve el 15 % de los días del año.

Uno de los rasgos más definidores de las precipitaciones en el conjunto de las islas, y por tanto en Santa Cruz, es su elevada irregularidad interanual. La serie de pluviosidad disponible de 71 años tiene un coeficiente de variación (*C.V.*) de 41.7 y una desviación tipo de 97.2. Es pues normal que tras un año o un período seco haya otro húmedo o muy húmedo. Así, a 1935, calificado como año seco, le sigue 1936, muy húmedo, y después 1937 que se sitúa dentro del primer quintil; lo mismo ocurre en el cuatrienio 1975-1978 o entre 1995 y 1997. A raíz de la tromba de agua del 31 de marzo de 2002 este salto brusco volverá a repetirse con respecto a los dos anteriores, 2000 y 2001,

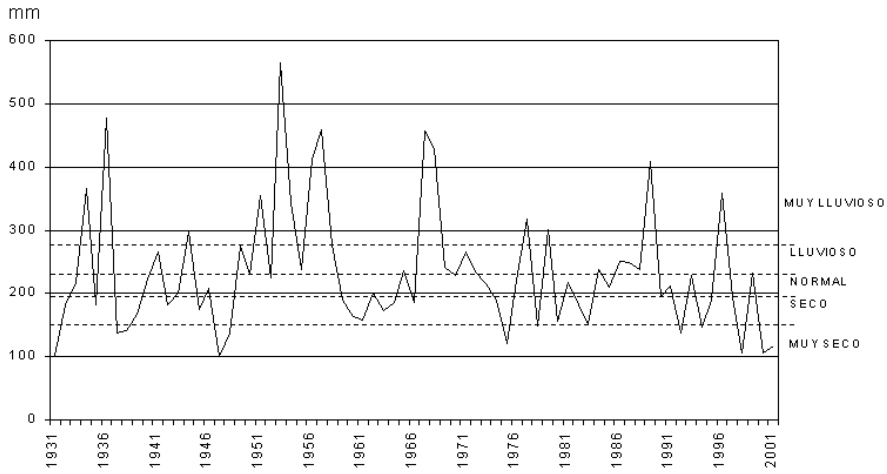

Figura 1: Calificación de la precipitación anual de Santa Cruz de Tenerife (1931-2001).

extremadamente secos. Los cinco años más secos desde que se posee información numérica han sido 1947, 1931, 1998, 2000 y 2001 en los que no se han alcanzado los 120 mm; en cambio, los más lluviosos fueron 1953, 1936, 1957, 1967 y 1968, todos ellos con más de 425 mm.

El valor del *índice de disparidad consecutiva* S_1 (MARTÍN VIDE, 1986) de la lluvia anual de Santa Cruz es muy elevado, del 0.39, semejante al del levante español. Este índice tiene la ventaja frente al *C.V.* de que en su formulación considera el orden cronológico de la lluvia y, por tanto, ofrece una mayor aproximación a la irregularidad temporal de la lluvia en un lugar.

3.2. La precipitación mensual

Los meses más lluviosos de Santa Cruz son diciembre, noviembre, enero y febrero. La torrencialidad es otro de los rasgos más característicos de la lluvia, sobre todo en las vertientes orientales de cada isla y en los sectores de cumbre de aquellas que sobrepasan los 1000 metros de altitud. Santa Cruz está en el primer grupo y por eso no es extraño que, a pesar de que ninguna de las doce medias mensuales superan los 50 mm, haya meses en los que se ha cuadruplicado y quintuplicado ese valor. Son los casos de diciembre de 1936, enero de 1979 o febrero de 1934 (tabla 1). Preocupa, sobre todo por tratarse de un medio urbano en el que la lluvia intensa tiene graves consecuencias, que esa torrencialidad se repita a escala diaria puesto que ha habido fechas, cinco en 71 años, en las que se han superado los 100 mm en menos de 24 horas. El agua caída en estos días supone cerca del 80 % de la llovida en ese mes, como ocurrió el 7 de febrero de 1973, día en el que llovió el 85 % del agua de ese mes y el 54 % de la caída durante todo el año.

Tabla 1: Características de la precipitación mensual en Santa Cruz de Tenerife (1931-2002). (* Se incluye la fecha del 31-3-2002 (232.0 mm) porque se espera que será el día más lluvioso del año 2002).

	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	AÑO
Lluvia mensual	35.2	35.0	27.1	13.4	4.5	0.7	0.1	0.4	5.4	23.1	39.0	49.1	233.0
Máxima mensual	202.4	195.8	108.3	79.0	55.3	12.6	1.2	5.6	62.4	134.5	160.7	251.3	
Año	1979	1934	1956	1977	1944	1966	1932	1986	1967	1955	1967	1936	
Máxima diaria*	58.2	116.5	232.0	36.6	34.1	11.0	0.7	5.6	36.8	101.0	65.9	103.7	
Año*	1945	1973	2002	1940	1949	1966	Var	1986	1967	1944	1954	1968	
% días de lluvia/ año	14	11	12	8	4	1	0	1	4	11	16	18	100
Frecuencia del día más lluvioso del año*	10	13	8	3	1	0	0	0	1	5	15	16	72

3.3. La precipitación diaria

El análisis de la intensidad de la lluvia diaria en Santa Cruz demuestra que lo más frecuente es que la cuantía de la precipitación sea muy débil, ya que el 78 % de los días contabilizan entre 0.1 y 5.0 mm. La intensidad de 5.1 a 10.0 mm agrupa al 11 % de los días lluviosos, las del intervalo de 10.1 a 30.0 al 9 %, y las superiores a 30.0 sólo al 2 %. Son precisamente estos últimos días los que deben ser motivo de preocupación para las autoridades y la población de Santa Cruz por los efectos negativos que las acompañan.

A la pregunta ¿cuánto tiempo dura la lluvia? hay que contestar sin sombra de duda que hay una probabilidad del 50 % de que caiga en un sólo día. Así lo demuestra el análisis de las rachas lluviosas. Se considera una racha lluviosa al conjunto de días consecutivos con lluvia superior a 0.1 mm; en estas secuencias lluviosas se incluye el día seco aislado entre dos días lluviosos por entender que el conjunto de días forman un episodio lluvioso. Los episodios de dos días suponen el 20 % y los de tres días el 12 %. En estos 71 años, la racha de mayor duración de un episodio lluvioso en Santa Cruz ha sido de 30 días (desde el 31 de octubre al 29 noviembre de 1993, con un total de 103.8 mm).

Los días más lluviosos del año se agrupan en los cuatro meses también más húmedos del año (tabla 1). Diciembre es el que tiene más probabilidad de que se produzca el día más lluvioso del año, seguido muy de cerca por noviembre y algo más lejos por febrero y enero. Hay que resaltar que en febrero llueve lo mismo que en enero pero en un menor número de días; también ese mes reúne un mayor número de días con lluvias intensas que enero, lo que resulta del mayor peso de la torrencialidad en el último mes del invierno, como así lo demuestra el que de dos de las cinco fechas con más de 100 mm/24 h se hayan producido en este mes.

El análisis de la cuantía de agua que cae el día más lluvioso de cada año indica que lo habitual es que en esta ciudad esa fecha tenga una intensidad entre 20 y 40 mm en 24 horas (fig. 2); ahora bien, el número de veces en las que ha llovido más de 50 mm es tan elevado (32 %) que merece ser tenido en cuenta en razón al riesgo que tiene esta ciudad de inundarse. La función de distribución

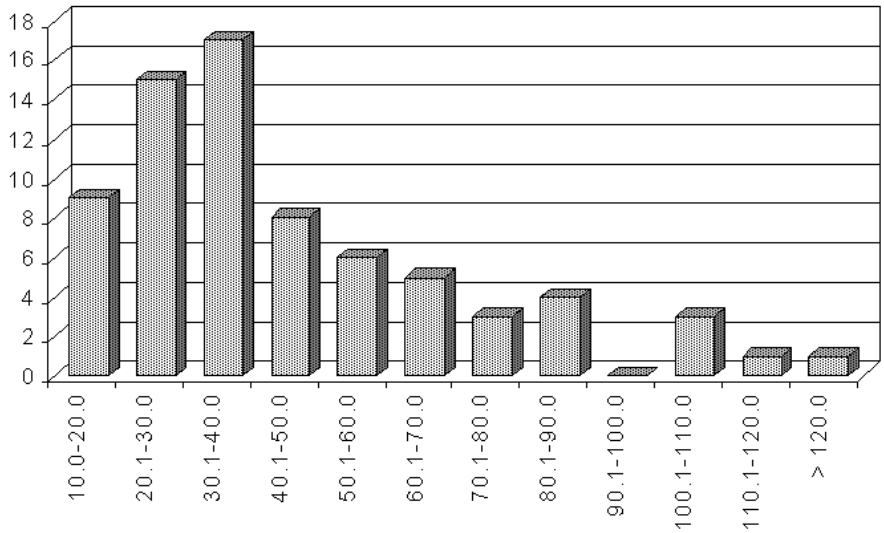

Figura 2: Frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas en Santa Cruz (1931-2002).

de Gumbel desvela que la probabilidad de que se produzca una precipitación superior a 100 mm en 24 horas en la ciudad es bastante alta porque cada 15 años va a haber un episodio de este tipo, como así ha ocurrido. Lo grave es que la recurrencia de 5 años es de 72 mm/24 horas, cantidad suficiente para que haya inundaciones en la ciudad.

4. LOS TEMPORALES DE LLUVIA OCURRIDOS EN SANTA CRUZ DE TENERIFE

Se tiene constancia que desde 1550 hasta la actualidad, Santa Cruz se ha visto inundada y se ha interrumpido la actividad normal en ella al menos en 130 ocasiones, con un saldo de una veintena de víctimas humanas. Aún teniendo la certeza de que el menor número de inundaciones durante los primeros siglos se debe, en parte, a la ausencia de fuentes escritas suficientes, no hay que reducir la responsabilidad debida al abuso con que el medio físico ha sido tratado en esta ciudad durante el último siglo. El crecimiento urbano ha hecho más vulnerable a Santa Cruz a las lluvias de cierta intensidad.

El análisis de las situaciones atmosféricas causantes de los temporales ocurridos desde 1973 hasta hoy muestra un patrón característico. En primer lugar, aparece un cambio brusco del flujo atlántico del Oeste, que pasa de una circulación zonal a una profunda vaguada hacia el sur y que suele desembocar en la formación de una gota fría. Este cambio supone el transporte de aire muy frío hacia Canarias en las capas medias y altas de la atmósfera y una temperatura de -20^{o}C a 5.000 metros, circunstancia que antecede siempre a estos episodios lluviosos. En superficie se instala

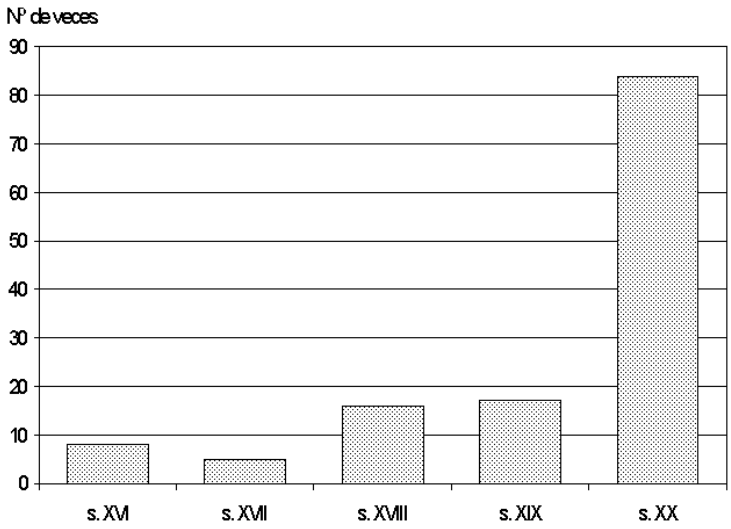

Figura 3: Número de inundaciones ocurridas en Santa Cruz de Tenerife desde 1558 hasta 2002. Fuente: Viera y Clavijo, Cioranescu, Cola, prensa escrita provincial.

una borrasca, más o menos profunda (que en el temporal del 19 de noviembre de 1983 llegó a 988 hPa), localizada en la vertical o al Oeste del archipiélago, con el frente frío barriendo las islas. Otros rasgos que se repiten en la mayoría de los días lluviosos son el predominio de vientos de componente Sur, las tormentas con aparato eléctrico y las temperaturas cálidas, por encima de 20ºC la mayoría de las veces, que favorecen la evaporación de gran cantidad de agua del mar que alimenta la inestabilidad de la nubosidad de desarrollo vertical.

5. LA TROMBA DE AGUA DEL 31 DE MARZO DE 2002

En los días precedentes al 31 de marzo predominaron las altas temperaturas en todo el ámbito del archipiélago como consecuencia de la instalación de una depresión térmica de 1012 hPa sobre el Atlas marroquí y la advección del aire cálido africano, superándose los 25ºC. Esa depresión se hizo más profunda con la llegada de una borrasca atlántica y coincidió con la formación de una importante inflexión de la corriente en chorro en las capas medias y altas, cuyo flujo sobre las islas era del Suroeste, con velocidades superiores a 240 km/h (fig. 4). La temperatura del agua del mar era 22ºC, a 1.500 metros descendía a 8ºC, alcanzaba la isocero a 3.000 m y llegaba a ser de -16ºC a 5.500 m de altura. Esos valores suponen un gradiente medio vertical de 0.7ºC cada 100 metros en la primera mitad de la atmósfera.

El sondeo termodinámico de las 12 horas de este día señalaba un área de inestabilidad hasta los 400 hPa, lo que indica que el espesor de la nubosidad estancada durante dos horas y media sobre

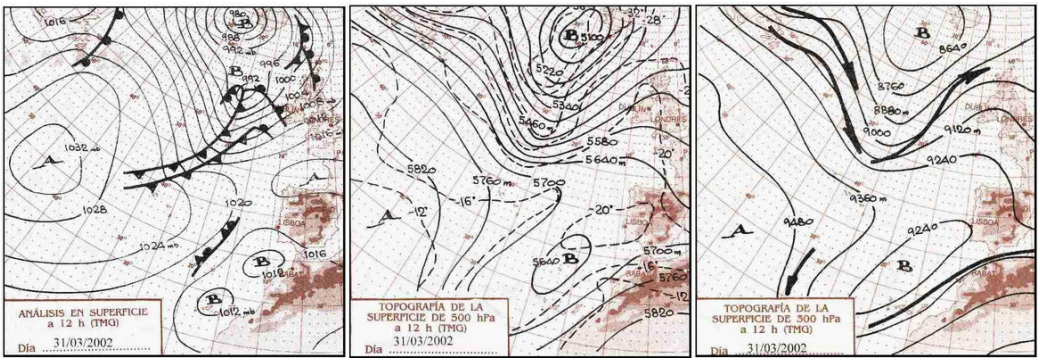

Figura 4: Mapas de superficie, 500 y 300 hPa del día 31 de marzo de 2002.

la capital era de unos 6.000 metros. En esta ocasión llovió intensamente durante dos horas y media, entre 16 y 18.30 horas, hasta contabilizar 232 mm. La incidencia de esta lluvia torrencial fue especialmente severa en los barrios más altos de la ciudad en los que el agua discurrió por todas las calles perpendiculares a las curvas de nivel, arrastrando todo tipo de materiales y objetos: barro, piedras de tamaño considerable, arbustos arrancados de las laderas, contenedores de basura, coches, mobiliario urbano, desechos de obras ..., hasta la zona baja de la ciudad, donde causó una inundación sin precedentes en las instalaciones portuarias. La ciudad se colapsó y fallaron todos los servicios básicos: agua, luz y teléfono; los barrancos se desbordaron y algunos de los que están abovedados estallaron ante la imposibilidad de desaguar tanto caudal.

6. CONCLUSIONES

La inadaptación de Santa Cruz al medio físico es creciente y sobre todo irreversible. La confianza basada en la falsa creencia de que en Santa Cruz ”nunca llueve“ ha sido la causa de que secularmente esta ciudad se haya convulsionado cada cierto tiempo por la intempestuosa avenida de las aguas, que convierte las calles en barrancos, inunda sótanos, comercios y viviendas, produce la pérdida de todos los enseres de una vida y, por desgracia, provoca la pérdida de los seres queridos de muchas familias. El diluvio del 31 de marzo se saldó con ocho víctimas, más de 250 viviendas afectadas, algunas irrecuperables para sus moradores, la movilización durante cuatro días de todo el personal de medioambiente de la isla en las tareas de limpieza de la ciudad y unas pérdidas valoradas en más de 120 millones de euros.

Si retrocedemos en el tiempo, quienes nos han precedido, cuyo conocimiento desdeñamos, nos han dejado numerosas referencias acerca de los problemas que surgen en Santa Cruz cuando llueve más de lo habitual. Esos momentos muestran que la inadecuada e insuficiente canalización de los barrancos en su tramo urbano, la escasa capacidad del alcantarillado y, sobre todo, la arriesgada ocupación residencial de las vertientes son los factores responsables del caos que se genera en la ciudad.

Figura 5: Efecto de la tromba de agua caída el 31 de marzo de 2002 en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife. Fuente: Imágenes de una catástrofe (*Diario de Avisos*).

El crecimiento de la ciudad, que no ha respetado el medio, ha desembocado en que el riesgo se alcance con cantidades de lluvia mínimas, de menos de 40 mm en 12 horas, y, en consecuencia, se haya producido un aumento espectacular del número de inundaciones en el siglo XX con respecto a los anteriores: ochenta y cuatro frente a una media de diez en los siglos anteriores. Este aumento corre parejo con la fe en la técnica, de cuya mano camina la especulación y no se debe a fenómenos del cambio climático global en los que se busca explicación. Apliquémonos a dar soluciones a los efectos de los caracteres estructurales del clima en Canarias, como son la torrencialidad e irregularidad de la lluvia, que tantos problemas está causando en la ciudad de Santa Cruz, para no tener que dar la razón a Octavio Paz cuando escribió que ”el futuro ya no es depositario de la perfección sino del horror“

7. REFERENCIAS

BURTON; KATES; WHITE (1978): *The environment as hazard*. Oxford. University Press.

CIORANESCU,A. (1977): *Historia de Santa Cruz de Tenerife*. 4 tomos. Santa Cruz de Tenerife. Caja General de Ahorros de Canarias.

COLA BENÍTEZ, L. (1995): *Barrancos de Añazo*. Santa Cruz de Tenerife. Ed. Goya.

DORTA, P.; MARZOL, Mª V.; RODRÍGUEZ, J. (1990): Estudio del clima urbano en una ciudad del litoral. El caso de Santa Cruz de Tenerife. *Trobades Cientifiques de la Mediterranía. Energía, medi ambient i edificació*. Menorca, 69-89.

GARCÍA HERRERA, L.M. (1981): *Santa Cruz de Tenerife: la formación de la ciudad marginal*. Santa Cruz de Tenerife. Aula de Cultura de Tenerife.

MARTÍN VIDE, J. (1986): Notes per la definició d'un índex de "desordre" en pluviometría. *Treballs de la Societat Catalana de Geografía*, 7-8, 89-96.

MARZOL, Mª V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Santa Cruz de Tenerife. Servicio de Publicaciones de la Caja de Ahorros de Canarias.

MARZOL, Mª V.; DORTA, P.; RODRÍGUEZ, J. (1991): Variations temporelles et particularités de la température horaire dans la ville de Santa Cruz de Tenerife (Îles Canaries). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol 4, 43-53.

MARZOL, Mª V. (2001a): La incidencia de las sequías en Canarias Occidentales y Orientales. En GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (Eds) *Causas y consecuencias de las sequías en España*. Instituto de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, pp. 345-372.

MARZOL, Mª V. (2002): Variaciones y tendencia de la temperatura anual, diaria y horaria en la ciudad de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias). *Libro Homenaje al Profesor Yetano*. Universidad de Zaragoza. En prensa.

VIERA Y CLAVIJO, J. (1772-1783): *Noticias de la Historia General de las Islas Canarias*. II tomos. Santa Cruz de Tenerife. Ed. Goya. Sexta edición de 1967.