

V. INUNDACIONES OCURRIDAS EN EL VALLE DEL RIO SIXAOLA

El hecho de que el río Sixaola sea utilizado como límite internacional entre la República de Costa Rica y Panamá, sumado a la lejanía con respecto a los principales centros poblados, hace que la obtención de datos hidrometeorológicos no se produzca en forma sistemática, si no, hasta la década de los 70s, con excepción de registros pluviométricos cortos y disgregados, pertenecientes a las compañías bananeras. Este hecho obliga a la búsqueda de información sobre las inundaciones históricas en la memoria y registros culturales de los antiguos habitantes de la región.

Es indispensable aclarar previamente una distinción fundamental, que puede conducir a errores de interpretación, se trata de diferenciar las inundaciones "ordinarias" de los eventos extremos. Las primeras son fenómenos frecuentes que abarcan un área conocida por los moradores y a los que la población tiene la capacidad de hacer frente. A pesar de que, las crecidas ordinarias les producen pérdidas en la producción agropecuaria, sus consecuencias no sobrepasan su capacidad de amortiguamiento social. Contrariamente, los eventos extremos ocupan una mayor extensión y sobrepasan la capacidad de amortiguamiento social, convirtiéndose tanto por su magnitud como por su impacto- en un desastre natural.

El umbral entre estas dos categorías es determinado por la percepción de los pobladores, es decir, a partir de la intensidad percibida colectivamente por los moradores es como se obtendrá un rango cuantitativo para distinguir entre inundaciones "ordinarias" y los eventos extremos.

5.1 Inundaciones históricas

Las primeras inundaciones para las que se tienen referencia

ocurrieron alrededor de los años 1928, 1935, y 1945¹. Los detalles de estas inundaciones no se tienen, ya que constituyen un recuerdo vago para los habitantes más antiguos o solamente han escuchado hablar de ellas a través de la tradición oral.

BORGE & VILLALOBOS (1988), al estudiar la penetración de las compañías bananeras en el Valle de Talamanca, mencionan la ocurrencia de una fuerte inundación alrededor de los años veinte, probablemente correspondiente a la de 1928. Entre sus consecuencias, éstos autores señalan la destrucción de bananales, líneas férreas y puentes, construídos por la compañía bananera United Fruit.

La inundación ocurrida en 1935 es considerada como una de las más severas que han ocurrido². Esta inundación provocó graves daños en las plantaciones de la Chiriquí Land Co. ubicadas en el Valle de Talamanca, al arrasar puentes y plantaciones. BORGE & VILLALOBOS (1988), afirman que este evento sumado al ataque de enfermedades como Sigatoka, Mal de Panamá y Moko terminan por destruir las plantaciones bananeras en el Valle de Talamanca.

5.2 Inundaciones registradas

ARROYO & LAVAL (1990) registran una fuerte inundación ocurrida en el año de 1970. No obstante, de acuerdo con el testimonio de los habitantes de la zona, se trata en realidad de dos eventos, ambos de considerable magnitud, el primero ocurrido el 10 de abril

¹SEGURA, H.; PAIS, T. 1993. Inundaciones antiguas del Río Sixaola. Bribri, C.R. (Comunicación personal)

²MAYORGA, M.; PAIS, T. 1993. Inundación de 1935. Bribri, C.R. (Comunicación personal)

de 1970 y el segundo el 4 de noviembre de 1970³. Estas dos inundaciones fueron originadas por condiciones de temporal extremo. Es decir, no fueron producidas por grandes disturbios atmosféricos a escala sinópticos, si no que se debieron a una condición de temporal, generador de altas magnitudes de lluvia.

En el Boletín Hidrológico del ICE (1972), se narró la situación como a continuación se presenta:

"Durante los días 7 a 10 de abril de 1970, la Vertiente Atlántica de Costa Rica se vió afectada por un severo temporal que produjo fuertes crecidas en los ríos de esa Vertiente. Las cuencas de los ríos Reventazón, Chirripó, Banano, La Estrella y Sixaola fueron las más afectadas ya que los desbordamientos de los ríos causaron enormes daños materiales."

"En la primera semana del mes de diciembre de 1970 nuevamente como producto de los fuertes temporales se inundó el Valle de la Estrella en el cual los ríos principales se desbordaron, cubriendo el agua, unas 22 haciendas del Valle. En la zona del río Sixaola la inundación fue total desde Fields hasta Sixaola."

Como se puede observar la inundación fue de caracter regional. GRANDOSO (1980) explica su ocurrencia como respuesta a los altos montos de precipitación registrados entre el 3 y 5 de diciembre de 1970, que fueron provocados por la profundización de una vaguada en los oestes de altura de latitudes medias, y su penetración en los trópicos.

De las dos inundaciones que ocurrieron en el año de 1970, el evento que produjo una mayor elevación de la superficie del agua y mayores destrosos en la cuenca del Río Sixaola, fue el que se presentó el 10 de abril⁴. No, obstante, a nivel regional la inundación del 4 de diciembre fue más destructiva por abarcar una mayor superficie.

³ZUNIGA, J. 1994. La llena del setenta. (Comunicación personal)

⁴BARRANTES, C.; ZUNIGA, J. 1993. Las mayores inundaciones del Río Sixaola. (Comunicación personal).

Es difícil, para los pobladores, separar estos dos eventos por cuanto suelen referirse a éstos como un solo acontecimiento al cual llaman "la llena del 70"⁴. Ya sea por la proximidad temporal o por encontrarse más habitada la región, el caso es que los pobladores tienden a pensar que fue mayor la llena del 1970 que la ocurrida en 1935.

Para estas inundaciones se reportan pérdidas totales en agricultura y ganadería, destrucción de viviendas y muerte de animales silvestres⁴. En el Valle de Talamanca el Parroco⁵ narra la llegada de aguas en todas direcciones, construyendo cauces y retomando los abandonados BORGE & VILLALOBOS (1988) mencionan la retirada de los indígenas hacia las partes altas para refugiarse de la inundación, permaneciendo ahí, a la espera de la recuperación de los terrenos, ya que los suelos no permitían la germinación de las semillas y cuando éstas lo conseguían eran atacadas por enfermedades fungosas. En el Valle de Sixaola se menciona una inundación total desde Fields hasta Sixaola, lo que llevó a las personas a agruparse en montículos y subirse a árboles a la espera del descenso en el nivel del agua (INUNDACIONES EN el Atlántico. 1970).

De acuerdo a las entrevistas practicadas (Anexo C, formato de entrevistas claves), en el poblado de Bratsi se reporta una altura de las aguas de crecida de 2 m sobre las partes deprimidas del terreno y próximas al río, por lo que los moradores se refugian en la partes más elevadas. Por su parte Bribri no se inunda durante estos eventos aparentemente por la presencia de una terraza anterior al poblado, de aproximadamente 5 m de altura, que fue suficiente para evitar que las aguas alcanzaran el pueblo. En Olivia las aguas alcanzan un nivel de 1.2 m aproximadamente, mientras en Catarina el nivel del agua llega a ascender cerca de 2

⁴DRUG, B. 1993. Los efectos de la llena del setenta en el Valle de Talamanca. (Comunicación personal).

m. En el caso de Celia y Daytonia, poblaciones ubicadas a varios kilómetros de la desembocadura, reportan 4 m de elevación en la superficie del agua.

No se puede pasar por alto la importancia que desempeña (tanto para ésta como para todas las inundaciones) la microtopografía del terreno. Ya que éste puede hacer variar las cuotas de altura en el nivel del agua, en zonas aparentemente llanas, de donde se advierte el cuidado que debe tenerse al analizar los datos anteriormente presentados.

El área inundada el 10 de abril de 1970 fue mapeada parcialmente por la Chiriquí Land Co. y completada en esta investigación hasta la altura de Bratsi, a través de testimonios obtenidos en el campo, con la aplicación de entrevistas claves (Mapa N^o 10).

En el caso de la inundación del 4 de noviembre de 1970, el área inundada se establece exclusivamente con datos obtenidos en el campo. El mapa N^o 10 ejemplifica la importancia de la geomorfología y la topografía en la valoración de los riesgos naturales. El área inundada abarca cerca del 90% de la llanura y excluye únicamente las áreas de mayor altura dentro de la llanura.

La siguiente inundación extrema reportada ocurre el 29 de enero de 1988. Este evento fue provocado por un frente frío, impulsado por un sistema de alta presión sobre México (COSTA RICA. IMN. 1988). El caudal medio diario, registrado en la estación Bratsi, corresponde a 2382 m³/seg, con un caudal instantáneo máximo de 3480 m³/seg, mientras en la estación Sixaola se reportaron 2767 m³/seg. y 3400 m³/seg, respectivamente (datos suministrados por el ICE).

Esta inundación cubre un área menor que las anteriores (Mapa N^o 10), por consiguiente afecta menos poblaciones (Cuadro N^o 3). Sin

CUADRO Nº 3

POBLACIONES AFECTADAS POR LOS EVENTOS EXTREMOS

Inundación	Población	Pérdidas
1970 *	Mata de Limón Finca Virginia Finca Buena Fe Sixaola Finca Costa Rica Finca 96 Daytonia Finca Los Angeles Finca Paraíso Celia Zavala Finca Catarina Finca Margarita Olivia Fiells Chase Bratsi	Pérdidas totales en agricultura y ganadería, casas destruidas, muerte de fauna silvestre.
1988	Finca Buena Fe Sixaola Finca Costa Rica Finca 96 Daytonia Celia Zavala Margarita Chase Bratsi	200 viviendas destruidas, pérdidas en cultivos de subsistencia, 500 has. de banano afectadas.
1991	Finca Buena Fe Sixaola Los Angeles Finca Costa Rica Finca 96 Daytonia	5000 damnificados, 1000 Ha de banano afectadas, pérdida de cultivos de subsistencia.

* La falta de informes de la época, además de la actitud inconsciente de los pobladores de referirse a las dos inundaciones ocurridas durante 1970, llevan a su tratamiento como un solo evento desde el punto de vista de los daños acumulativos de los dos eventos

Inundación	Población	Pérdidas
	Celia Závala Margarita Chase Bratsi	
1993	Závala Celia Daytonia Finca 96 Finca Costa Rica Sixaola Finca Buena Fe	Tres casas arrasadas en Sixaola . Pérdidas en cultivos de subsistencia y plantaciones bananeras.

Fuente: Trabajo de campo complementado con MONTERO & SALAZAR (1991).

embargo deja alrededor de 1800 damnificados en baja Talamancá², 491 casas dañadas por el río Sixaola (EMERGENCIA EN el Atlántico, 1988) y dos muertos, uno en Daytonia y otro en Sixaola (DESTRUCCION EN el Atlántico, 1988). La ayuda gubernamental estuvo enfocada en raciones alimenticias, construcción de casas y pago de indemnizaciones.

Para este evento, en la localidad de Bratsi, se indica que las aguas no superan la terraza presente, cuyo límite se encuentra en las proximidades del poblado. Igualmente los pueblos ubicados entre Bribri y Olivia no se inundaron, es a partir de Margarita donde se expande la inundación. En Margarita se informa de una elevación de 0.5m sobre la carretera. En Celia y Daytonia se reportan 1.2 m y en Sixaola se estima en 1.8 m. Debe resaltarse que aún cuando Daytonia y Sixaola se encuentran a escasos 6 Km de distancia, Sixaola se ubica en la ribera del río Sixaola. El detalle de las

²PICCINELLI, S. 1994. Atención de las inundaciones. Sacerdote católico. (Comunicación personal)

poblaciones inundadas aparece en el cuadro No 3.

El 22 de abril de 1991 se produce un terremoto de magnitud Ms 7.5 en la escala de Richter, en Limón, cuyos efectos geomorfológicos son resumidos por VAHRSON & HERNANDEZ (1992) como sigue:

- a) Levantamiento de algunas áreas costeras en más de 1 m.
- b) Licuefacción, compactación y subsidencia en otras áreas
- c) Destrucción completa de la cobertura superficial por deslizamientos en un área de más de 140 Km², originalmente cubierto por bosque tropical.
- d) Un drástico cambio de las condiciones hidrológicas.

Este sismo no sólo disparó deslizamientos, además desestabilizó laderas, facilitando las condiciones para la ocurrencia de posteriores deslizamientos. Lo anterior sumado a la eliminación de una pequeña parte de la cobertura vegetal, en las partes montañosas deslizadas, posibilita una mayor erosión y una menor retención de agua, al no producirse intercepción de la lluvia, por parte de la vegetación, ni obstáculos para el tránsito de la escorrentía superficial.

Sumado a estas condiciones de inestabilidad geomorfológica en la cuenca se producen fuertes precipitaciones entre el 11 y el 12 de agosto, causadas por una onda tropical, con presencia de secuencias convectivas (COSTA RICA. IMN, 1991). Finalizando con la ocurrencia de una fuerte inundación el día 13 de agosto, cuyo caudal medio diario y máximo instantáneo corresponden a 2667 m³/seg y 3520 m³/seg, respectivamente en la estación Bratsi y 3488 m³/seg y 4090 m³/seg en la estación Sixaola.

Por su parte la precipitación actuó como agente disparador de deslizamientos sobre las laderas inestables y la escorrentía transportó los materiales sueltos. Como consecuencia se forman

flujos de barro y detritos que incrementaron el volumen del agua. De esta forma se produce una inundación recargada de materiales como árboles, lodo, y detritos.

La descarga pico y los períodos de retorno para las estaciones Sixaola y Bribri aparecen en el cuadro nº 4, en el se aprecia que el caudal para esta inundación excede a los caudales máximos registrados en ambas estaciones y que fue particularmente alto para esta cuenca hidrográfica. No obstante en el anexo E se obtiene diferentes intervalos de recurrencia, como resultado de diferentes valores de caudal, es posible que ésto se deba a que el cuadro nº 4 fue elaborado con datos preliminares.

CUADRO Nº 4

Descargas pico (p), períodos de retorno (Tr) y descarga máxima observada (max) ocurridas el 11-12 de agosto de 1991.

Río/estación	Pico (m ³ /s)	Día	Tr Años	Max (m ³ /s)
SIXAOLA.....				
Brats:	3810	12-8	>100	3480
Sixaola	4200	12-8	20-50	3610
ESTRELLA.....				
Pandora	1260	12-8	6	1750
BLANCO.....				
Blanco	37	12-8	< 2	322
MATINA.....				
Barbilla	972	12-8	10-20	1040
Chirripó	SD	SD	SD	1040
Playa Hermosa	2500	SD	SD	SD
PACUARE.....				
Pacuare	114	11-8	< 2	1070
Dos Montañas	1600	SD	20-50	1900

Tomado de: VAHRSON & HERNANDEZ, 1992.

Esta inundación provocó severos daños en banano, plátano, cultivos de subsistencia y viviendas, dejando como saldo 2500 damnificados en el distrito de Sixaola (BARBOZA, 1991); las poblaciones afectadas aparecen en el cuadro No 3. El Mapa Nº 10 (pagina 71) indica que área cubierta por este evento fue mayor que la ocupada por la inundación de 1988, pero menor que las ocurridas en 1970.

Para este evento, en los poblados de Bratsi y Chase se estiman alturas de 1 m sobre las áreas deprimidas y próximas al cauce. Nuevamente Bribri no se inunda, el agua de la crecida llega hasta la terraza. En Margarita se indica 1 m de altura en el nivel del agua, en Celia 1.5, en Daytonia 2m y en Sixaola 2.5m.

Al comparar las figuras 6 y 7 se aprecia claramente que el monto de precipitación en tres días entre 27 y 29 de enero de 1988, tanto en la estación Amubri como en la estación Sixaola, sobrepasan los montos obtenidos entre el 11 y 13 de agosto de 1991, sin embargo, el caudal máximo instantáneo del 12 de agosto de 1991 fue mayor que el registrado el 28 de enero de 1988 (fig. 8). Este hecho puede explicarse (apoyándose en VAHRSON et. al. 1992) por la recarga de sedimentos que originó el terremoto del 22 de abril de 1991 y que consecuentemente aumentó el volumen del agua.

Este fenómeno descrito, recalca la importancia de no estudiar las inundaciones como datos aislados (meteorológicos o hidrológicos), desvinculados de la cuenca, más bien debe abarcarse su estudio en forma sistémica y en el contexto de su cuenca, de manera que se evalúen las diferentes condicionantes que causan la inundación (BAKER, et. al.).

5.3 Eventos no reportados

Revisando el monto de los caudales que fueron interpretados

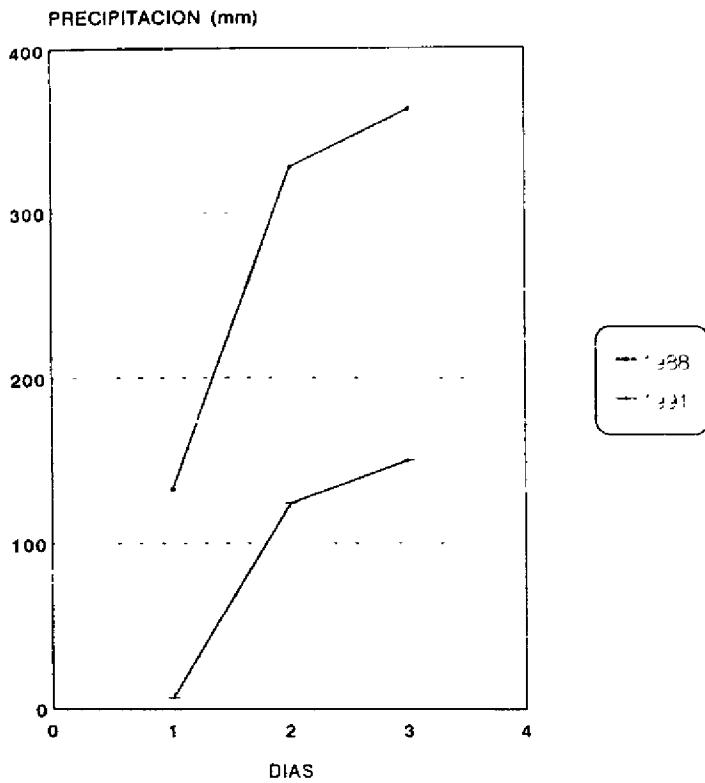


Figura N° 6. Monto acumulativo de las precipitaciones en tres días que produjeron inundaciones
Fuente: ICE

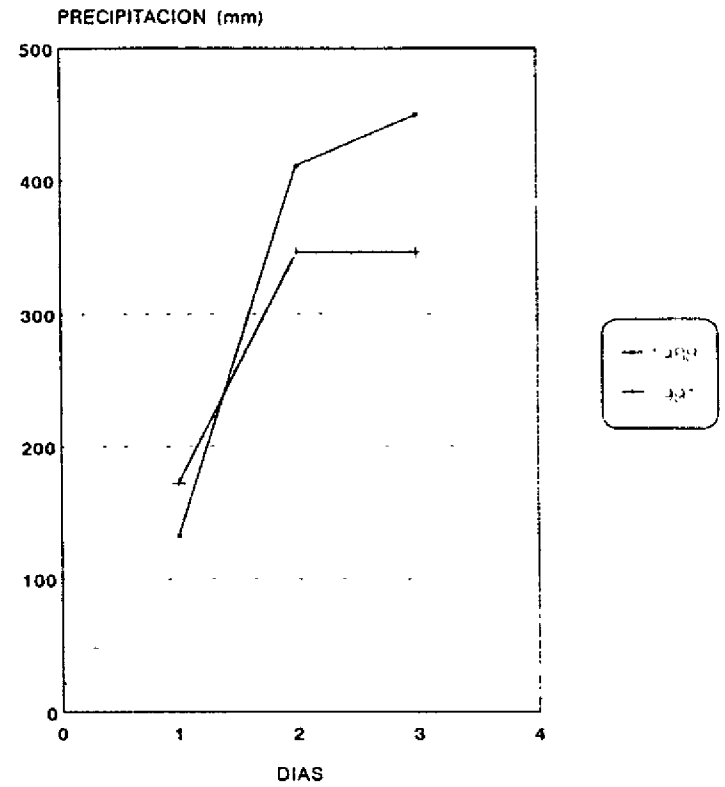


Figura N° 7. Monto acumulativo de las precipitaciones en tres días que produjeron inundaciones
Fuente: ICE.

CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS DE 1988 y 1991 RIO SIXAOLA

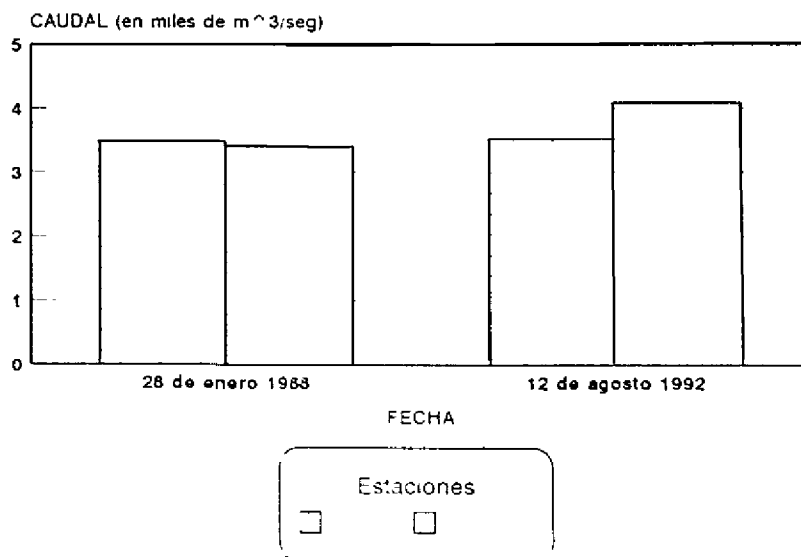


Figura N° 8. Comparación de los caudales que produjeron inundaciones en 1988 y 1991

por los pobladores como productores de inundaciones extremas, se estima que un caudal instantáneo máximo mensual superior a los 3000 m³/seg, puede considerarse como un evento extremo (cuadro nº 5). Con este criterio cuantitativo se determinó que el 15 de diciembre de 1975, se produjo una inundación severa, la cual los pobladores recuerdan vagamente. José Antonio Ulloa¹, residente de Bribri, señala que esta inundación abarcó desde Margarita hasta Sixaola, localidad esta última la más afectada. Por su parte Juan Córdoba², afirma que el nivel del agua sobre Celia llega a 1.2m. Por lo escaso de la información sobre esta inundación no se procedió a mapearla.

CUADRO 5

INUNDACIONES CON CAUDALES SUPERIORES A 3000 m³/seg

Inundación	Caudal	
	Bratsi	Sixaola
13 de agosto de 1991	3520	4090
29 de enero de 1988	3480	3400
15 de diciembre de 1975	2860	3610
Inundación promedio anual (Tr 2.2)	1517	2106

Fuente: ICE.

Los información histórica que se obtuvo para la inundación de 1975, por partes de los pobladores que recordaron este evento, menciona que ésta inundación se presentó río abajo de la localidad de Celia. En éste mismo lugar se reporta una altura del nivel de las aguas de 90 cm, mientras en Daytonia 70 cm, en Finca Costa Rica

ULLOA, J. 1993. La inundación de 1975. (Comunicación personal)

CÓRDOBA, J. 1994. Inundaciones. Cruz Roja (Comunicación personal)

1 m y en Sixaola una altura de 1.5m.

Entre el 10 y 12 de diciembre de 1993 se produce una nueva inundación en el Valle de Sixaola. Esta vez la causa fue la influencia que ejerció un sistema de alta presión, que favoreció la producción de lluvias orográficas sobre la Región Caribe, reforzado por la presencia de una vaguada, cuyo eje se localizó sobre la mitad sur de Costa Rica (COSTA RICA. CNE, 1993). Además de la pérdida de cultivos, ganado y la destrucción de tres viviendas en Sixaola, se reporta la muerte de una persona, la desaparición de cuatro y la evacuación de 25 (COSTA RICA. CNE, 1993).

Alrededor del 9 de diciembre de 1994 se presentó una nueva inundación provocada por un sistema de baja presión combinado con un fortalecimiento de los vientos Alisios lo que dio como resultado altas precipitaciones (VIZCAINO, 1994). Los sectores con mayores problemas de inundación fueron Sixaola, Finca Costa Rica, Daytonia y Finca Virginia.

Las inundaciones de 1993 y 1994 se produjeron durante la realización de este trabajo y posterior al levantamiento de información en el campo, por lo que no se profundiza en ellas.

VI. ANALISIS HIDROLOGICO DE LOS EVENTOS EXTREMOS

La cuenca del Rio Sixaola cuenta con dos estaciones fluviográficas: la estación Bratsi, localizada en el poblado del mismo nombre, a una altitud de 37 msnm, cubriendo un área de drenaje de 2107 Km² y la estación Sixaola ubicada en este poblado a 4 msnm, cubriendo un área de 2706 Km². Estas estaciones cuentan con registros desde 1972. La distribución promedio mensual de los caudales aparece en la figura N^o 9, la diferencia en el comportamiento de los caudales obedece a la entrada del río Yorkín, posterior a la estación Bratsi, y otros afluentes de menor importancia. En términos generales se observa que el ascenso de los caudales se inicia en mayo, alcanzando su máximo en octubre y diciembre, a partir de enero comienzan las condiciones de estiaje en donde se llega al nivel de menores caudales entre febrero y abril con marzo como el mes de menor caudal (ICE, 1976).

El caudal promedio mensual de todo el registro es de 171 m³/seg, en la estación Bratsi, y 254 m³/seg en la estación Sixaola, estos datos contrastan fuertemente con el registro de los caudales máximos instantáneos anuales, que son el resultado de los mayores eventos anuales instantáneos que se presentaron en un solo día (cuadro N^o 6). Como se confirma en el cuadro 6 los eventos máximos instantáneos no solamente son superiores al promedio, sino que los mayores eventos pueden sobrepasar hasta 15 veces al promedio mensual.

El caudal máximo instantáneo promedio anual, conocido también como "inundación promedio anual" (DUNNE & LEOPOL, 1978), a cual le corresponde un período de retorno de 2.3 años con un caudal de 1517 m³/seg en la estación Bratsi y 2106 m³/seg en la estación Sixaola (según el método de Gumbel, anexo D "Determinación de la ecuación de mejor ajuste para el cálculo de los períodos de recurrencia de los caudales"), provoca el desbordamiento del cauce, pero en un

CAUDALES PROMEDIO MENSUAL (1977-1993) ESTACIONES BRATSI Y SIXAOLA

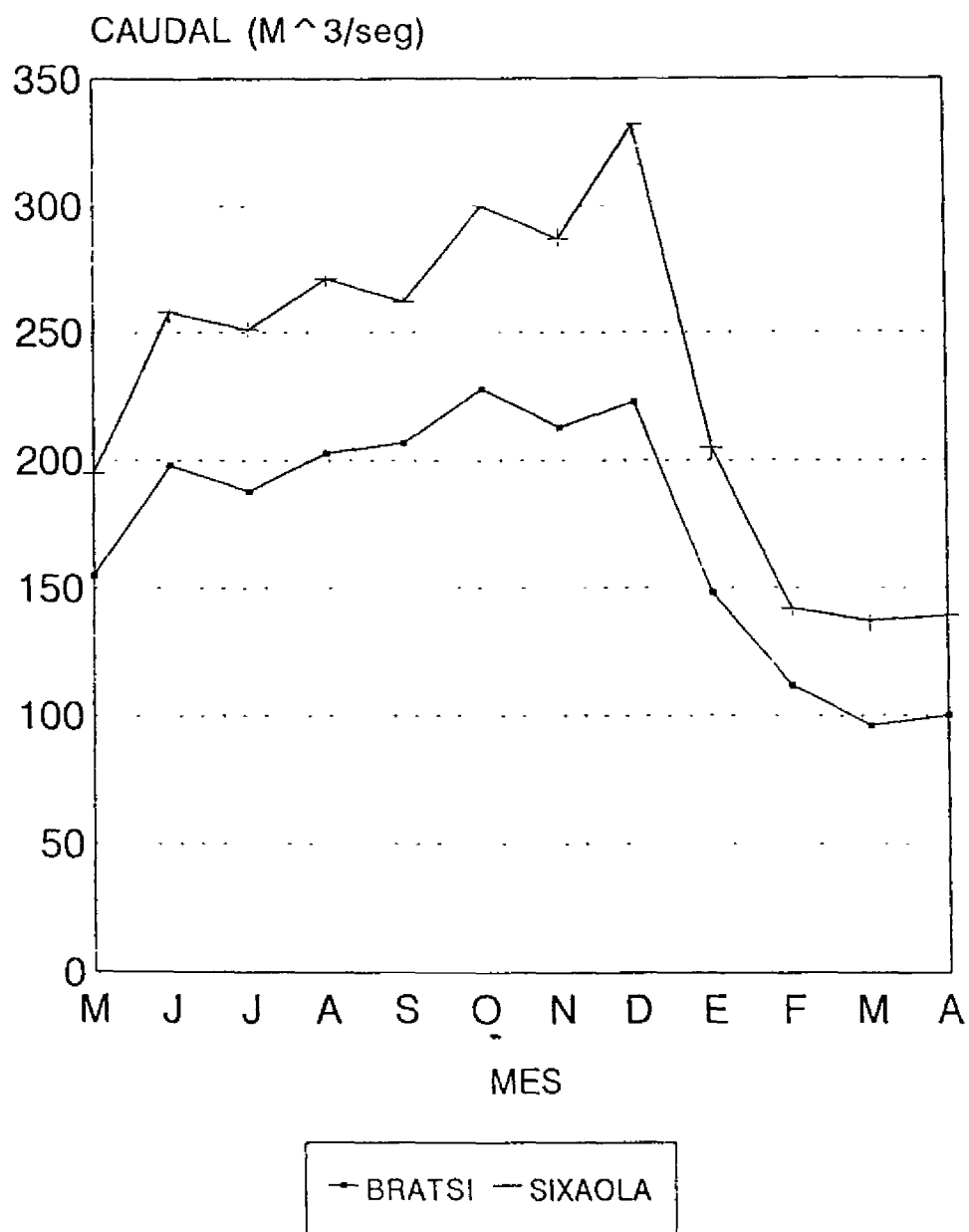


Figura N° 9. Distribución promedio mensual de los caudales en las estaciones Bratsi y Sixaola

Fuente ICE

área muy limitada. Con una recurrencia de 20 años es de esperar un caudal próximo al doble del contenido por la llamada "inundación promedio anual" y con un intervalo de 100 años aproximadamente tres veces superior.

CUADRO Nº 5

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES
ESTACIONES FLUVIOGRAFICAS BRATSI Y SIXAOLA (1972-1993)

Año hidrológico	Caudal (m ³ /seg)	
	Bratsi	Sixaola
1972-1973	1930	2590
1973-1974	1370	2300
1974-1975	1460	2200
1975-1976	2860	3610
1976-1977	1260	2390
1978-1978	931	1130
1978-1979	1610	1790
1979-1980	676	980
1980-1981	1900	2260
1981-1982	957	1460
1982-1983	1240	1970
1983-1984	789	1481
1984-1985	1710	2090
1985-1986	1170	2050
1986-1987	1250	1850
1987-1988	3480	3400
1988-1989	727	837
1989-1990	919	1990
1990-1991	954	1880
1991-1992	3520	4090
1992-1993	1160	1890

Fuente: ICE.

6.1 Período de retorno de las mayores inundaciones registradas en el Valle de Sixaola

En la sección anterior se describieron las dos principales inundaciones registradas por los fluviógrafos, la primera ocurrida el 29 de enero de 1988 y la segunda y más severa registrada el 12

de agosto de 1991. Para ambas se determinó el área inundada (Mapa N^o 10) y los poblados afectados (cuadro N^o 3), en el anexo E "Cálculo de los períodos de retorno de las inundaciones de 1988 y 1991", aparece el cálculo para la obtención de los períodos de retorno de estos caudales utilizando la ecuación Gumbel, según lo plantea VAHRSON et, al. (1984). Los resultados se resumen en el cuadro N^o 7.

CUADRO N^o 7
PERIODOS DE RETORNO DE LOS CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS
DE 1988 Y 1991

Estación	Año	Caudal (m ³ /s)	Tr (años)
Sixaola	1988	3400	10
Sixaola	1991	4090	23
Bratsi	1988	3480	22
Bratsi	1991	3520	23

En el cuadro N^o 7 se denota una marcada diferencia entre el período de retorno de los caudales instantáneos máximos anuales de 3400 m³/s y 3480 m³/s registrados en 1988. En la estación Sixaola, se registró un caudal instantáneo de 3400 m³/s con un período de recurrencia de 10 años, mientras que en Bratsi se reportó un caudal de 3480 m³/s con un período de retorno de 22 años. Nótese que el caudal registrado en Bratsi es más alto que el observado en Sixaola, a pesar de que la segunda estación se encuentra a 30 km lineales de distancia aguas abajo de la estación Bratsi. Una explicación a este hecho consiste en que lo puntual del dato (caudal máximo instantáneo) no refleja las diferencias reales en el caudal total de ambas estaciones. Revisando el caudal medio diario se minimiza el problema, en Bratsi se observa un caudal de 2382 m³/s y en Sixaola 2767 m³/s. De esta forma queda de manifiesto un almacenamiento inusual en el caudal pico que se refleja en un

descenso muy notable en el período de retorno calculado para este evento en la estación Sixaola. Por otro lado, debe tenerse presente que cuando suceden los mayores eventos, el sistema de medición de caudales es más propenso a errores.

Lo importante es destacar que, estadísticamente es de esperar que una inundación extrema se presente, al menos, una vez en veinte años (Cuadro 7). Conociendo el área aproximada inundada por los mayores eventos, se debe determinar el nivel de riesgo aceptable, para la infraestructura y la población ubicada en esta zona. En otras palabras, el área inundada por estos eventos, que aparecen en el mapa N^o 10, corresponde al área probable a inundarse por eventos con períodos de retorno mayores de 22 años.

Por otro lado, la inundación con el período de retorno mayor, dentro de registro, tiene una recurrencia de 23 años (inundación de 1991). Sin embargo, si se considera que el registro histórico completo (de 1928, año en el que se reporta la primera inundación a 1994) es de 66 años y que la mayor inundación reportada es la de abril de 1970, entonces se puede considerar que su período de retorno es de por lo menos 67 años (DUNNE & LEOPOLD, 1978). Desafortunadamente no se cuenta con registros de caudales ni de lluvia para acercarse al posible valor del caudal. No obstante una aproximación puede realizarse, a través de la extrapolación en la curva de frecuencia de inundación, para conocer el caudal probable que se presentó en esta inundación, suponiendo que su período de retorno es de 67 años.

Los caudales instantáneos máximos anuales para un período de recurrencia de 67 años, en la estación Bratsi y Sixaola, son de 4360 y 4895 m³/seg respectivamente. Si embargo, estos valores deben ser tomados con cautela, en vista de que el período de recurrencia puede ser mucho mayor.

Con base en los registros existentes, un caudal de por lo

menos 1.2 veces mayor a los registrados en la crecida de 1991, es de esperar para un período de retorno de 67 años. El área afectada por este evento, puede compararse a la registrada en abril de 1970 (cuadro N^o 3). Además debe considerarse que la población, la infraestructura, y el área cultivada en el Valle de Sixaola han crecido notablemente desde 1970 hasta hoy, por lo que si se presenta un evento similar, las pérdidas serían mayores a las registradas en 1970.