

RECURRENCIA HISTÓRICA POR INUNDACION FLUVIAL EN EL CURSO INFERIOR DEL RIO CARAMPANGUE, REGION DEL BIO-BIO

Historical recurrence of flooding in the lower Carampangue river, Bio-Bío Region

Octavio Rojas Vilches

Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción¹
ocrojas@udec.cl

Carolina Martínez Reyes

Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción
cmartinez@udec.cl

Edilia Jaque Castillo

Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción
ejaque@udec.cl

RESUMEN

Se presentan los resultados del análisis de recurrencia histórica por inundación fluvial, realizado en el curso inferior de la cuenca costera del río Carampangue (37°06' y 37°41' S), localizada en la comuna de Arauco, Región del Bio-Bío, con el propósito de contribuir a la gestión del riesgo natural en la comuna. En este sector, se han registrado diecisiete eventos de inundación fluvial de diferente magnitud durante los últimos 38 años, generando pérdidas materiales considerables y graves problemas a la administración local. Se utilizaron fuentes escritas, orales, gráficas y trabajo de terreno para georreferenciar los eventos y representarlos mediante SIG. Los eventos fueron catalogados por magnitud relativa, asociando una tasa de recurrencia. Cada evento fue asociado a fases ENOS. El área presenta una alta recurrencia histórica por inundación fluvial de gran intensidad, con escasa correspondencia durante fases ENOS. Cada 2.23 años se espera que ocurra una inundación que genere algún tipo de daño. El patrón de distribución de los eventos históricos está determinado por el emplazamiento de las áreas urbanas en los sectores próximos a los cauces principales, lo que contribuye a la concentración de los eventos en estos sectores.

Palabras clave: Recurrencia, Inundación, Región del Bio-Bío, Riesgo Natural

ABSTRACT

In order to better manage flooding risk in Bio-Bío Región, the historical recurrence of flooding in the lower part of the coastal Carampangue River Basin (37°06' y 37°41' S), located in the County of Arauco is analyzed. In this sector, seventeen flooding events of different magnitudes have been recorded in the last 38 years, generating considerable material losses and serious problems for the local government. Written, oral, and graphic sources were analyzed and field work was performed in order to geo-reference these events with a GIS. The events were catalogued for relative magnitude associated to recurrence rate. Each event was associated as well to ENOS phases. The area presented a high historical recurrence for high intensity flooding with little correspondence during ENOS phases. Every 2.23 years, it is expected that flooding will generate some type of damage. The distribution of the historical events was determined by the relocation of urban areas in areas near to the principal water flow, contributing to the concentration of flooding events in these areas.

Key words: Recurrence, Flooding, Region of Bio-Bío, Natural Risk

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones fluviales son uno de los riesgos naturales de mayor recurrencia en el mundo. Todos los años, distintas regiones del planeta son afectadas por estos fenómenos, causando pérdidas económicas y sociales. En el año 2008, las pérdidas por desastres hidrológicos alcanzaron los US\$ 19.5 billones, de los cuales el 62% correspondió al continente americano y un 18.9% al asiático (CRED, 2009).

En Chile, una serie de inundaciones fluviales, relacionadas en su mayoría con eventos ENOS, han dejado víctimas fatales y millones de dólares en pérdidas. Los episodios catastróficos se han concentrado desde la región de Valparaíso al sur. Las inundaciones registradas en los años 2000, 2002 y 2006, dejaron 99.742 damnificados; 272.111 afectados; 11.685 albergados; 26 muertos y 3 personas desaparecidas (OPS, 2009).

En la Provincia de Arauco, las inundaciones han sido recurrentes desde el año 2000, concentrándose principalmente en el curso inferior del río Carampangue. Actualmente en este sector, no existen estudios detallados sobre estos fenómenos a pesar de la urgente necesidad de generar criterios para su control, dado

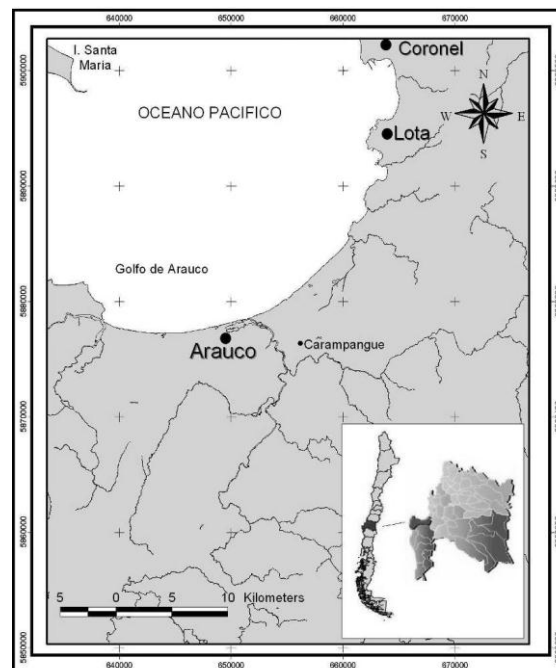
¹ Depto. Geografía, Fac. Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción; Víctor Lamas N° 1290, Barrio

que existe una población de 3.875 personas potencialmente afectada. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo analizar la recurrencia histórica y la distribución espacial de los eventos de inundación fluvial en el curso inferior de la cuenca del río Carampangue para los últimos 38 años, como parte de una investigación en desarrollo orientada a la determinación de las áreas de riesgo natural por inundación fluvial en esta cuenca costera. De este modo, se espera contribuir a la gestión del riesgo en la comuna que permita el control del fenómeno y la disminución de las consecuencias negativas sobre la población.

METODOS

La cuenca del río Carampangue se localiza en la vertiente barlovento de la cordillera de Nahuelbuta en la VIII Región del Bío-Bío, entre los 37° 06' Sur y los 72° 58' Oeste. Corresponde a una cuenca exorreica que desemboca en el Golfo de Arauco, drenando una superficie de 1.260 Km² (Fig. 1).

Fig. 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista administrativo, se localiza al sur de la ciudad de Concepción, entre las provincias de Concepción y Arauco. En orden de superficie que ocupan las comunas en la cuenca, se encuentra Curanilahue (44,2%); Arauco (28,2%); Santa Juana (24,7%); Lota (2,0%) y Nacimiento (0,9%). Las dos últimas, con un aporte hídrico despreciable (Valencia, 2006). El curso inferior de la cuenca corresponde íntegramente a la comuna de Arauco, donde se localizan los distritos censales de Arauco rural, Carampangue y Ramadillas, que involucran una población de 3.875 habitantes.

El río Carampangue se alimenta de los afluentes de los ríos Cifuentes, Cabrera y Nahuelán, mientras que en la parte inferior recibe el aporte del estero Los Patos y del río Lía. En este último sector, el río divaga por una amplia llanura limitada por las terrazas marinas, testigos de la evolución morfogenética del relieve donde han interactuado principalmente procesos tectónicos y eustáticos en la configuración de las formas.

Desde el punto de vista hidrológico, Valencia (2006) analizó el balance hídrico para la cuenca del río Carampangue determinando que un 70% de lo precipitado anualmente en la cuenca se ve reflejado en escorrentía superficial, mientras que sólo un 30% se pierde como evapotranspiración. Por otro lado, Soto (2008) analizó las crecidas del río Carampangue en la localidad de Ramadillas, mediante diferentes métodos,

determinando el menor caudal para una tasa de retorno de dos años equivalente a 513 m³/s y el menor caudal para una tasa de retorno de 100 años equivalente a 1201 m³/s.

METODOLOGIA

Para el análisis de recurrencia histórica, se diseñó una metodología fundamentada en el uso de datos históricos y construcción de cotas de inundación históricas. Los primeros fueron obtenidos de la revisión de la prensa local (Diario “El Sur”) para el período 1971-2008. Estos datos fueron complementados con la revisión de prensa electrónica para el período 2000-2008, lo cual permitió construir una base de datos histórica que se utilizó para conocer la distribución temporal-espacial de los eventos y sus efectos asociados. Para organizar la información, se construyó una ficha de recurrencia histórica de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla Nº 1: Ficha de recurrencia histórica para riesgo de inundación fluvial

| Dato Temporal | | | Dato Espacial | Dato del Evento | | Efectos Humanos | | | Efectos Económicos | | Otros Efectos | Datos de Interés | |
|---------------|-----|-----|---------------------|-----------------|--------|-----------------|---------|--------------|--------------------|------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Año | Mes | Día | Distrito/ sector | PP | Caudal | Otros datos | Muertos | Damnificados | Afectados | Agro | Infraestructura | Otros | Especificar y describir |
| | | | | | | | | | | | | Especificar | |

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se obtuvo la recurrencia histórica del evento, mediante la aplicación de la fórmula de Keller y Blodgett (2004): $RH=(N+1) /M$ donde RH= Intervalo de recurrencia histórica en años; N= Número de años de registro; M=Número de casos de inundaciones fluviales.

Para cada evento de inundación, se evaluó su magnitud histórica relativa, adaptando la metodología propuesta por Rojas y Mardones (2003), de acuerdo a las siguientes variables: duración del evento, damnificados y daños socio-económicos (Tabla 2). Para cada tipo de inundación se obtuvo la tasa de recurrencia histórica.

Tabla N° 2: Magnitud histórica relativa para inundación fluvial

| Magnitud Histórica Relativa | | | |
|----------------------------------|--|--|---|
| Tipología | Inundación Grande | Inundación Mediana | Inundación Pequeña |
| Duración del evento (N° de días) | 4 días | 2-3 días | 1 día |
| Peso | 3 | 2 | 1 |
| Damnificados | 80 y más personas | 41-80 personas | 1-40 personas |
| Peso | 6 | 4 | 2 |
| Daños socio-económicos | Daños viales importantes Viviendas con daños estructurales. Pérdidas agrarias Rutas Cortadas Daños superiores a 10 millones. | Daños viales importantes Viviendas inundadas sin daño estructural Daños entre 1-10 millones. | Daños viales aislados Daños inferiores a 1 millón. |
| Peso | 6 | 4 | 2 |
| Evaluación Final | Inundación Grande Inundación Media Inundación Baja | | 13-15 9-12 5-8 |

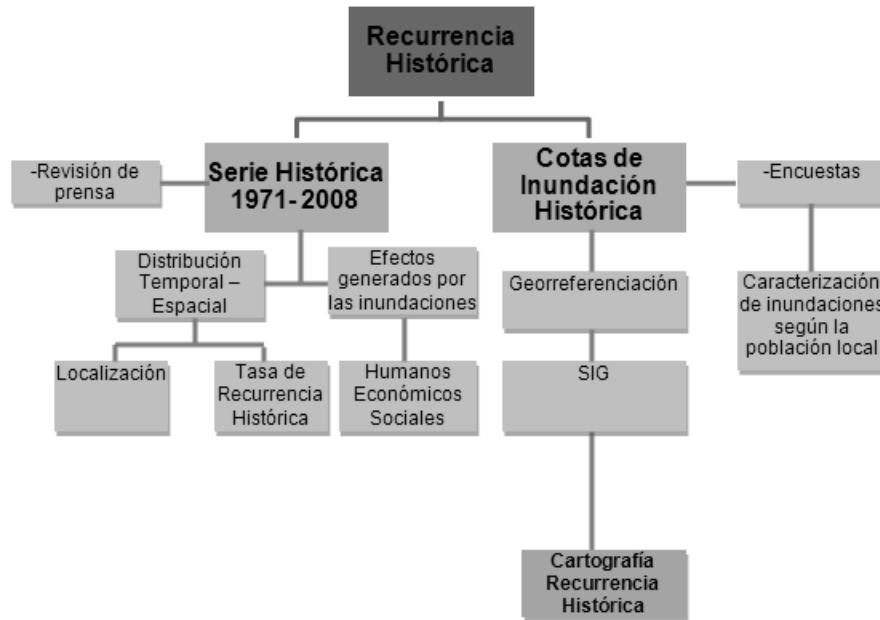
Fuente: Elaboración propia

Los eventos y sus magnitudes históricas relativas fueron asociados con el Índice Oceánico de El Niño (ONI), que se basa en umbrales de $+ / - 0.5^{\circ}\text{C}$, considerando una media móvil de 3 meses en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). Cuando los valores superan los 0.5°C indica una anomalía cálida (El Niño), por el contrario cuando estos se sitúan bajo -0.5°C indica una anomalía fría (La Niña). Los eventos ENSO se clasificaron de acuerdo a los siguientes condiciones: eventos débiles (0.5 a 0.9°C), moderados (1.0 a 1.4°C) y fuertes (≥ 1.5). Los registros fueron obtenidos de *Climate Prediction Center* (NOAA, 2009).

La serie histórica, también permitió obtener la distribución de frecuencia de inundación por décadas y anual, con sus efectos asociados, los que se clasificaron en humanos, económicos y sociales.

Las cotas de inundación históricas se obtuvieron mediante la aplicación de encuestas y consultas directas a pobladores. Las encuestas se utilizaron para determinar la frecuencia y cantidad de eventos de inundación fluvial que la población recuerda, además, mediante su experiencia, se trató de conocer la característica central de la peor inundación que recordaran. Los datos de cotas de inundación fueron georreferenciadas e ingresadas al SIG ArcView 3.2 para la elaboración de la cartografía de recurrencia histórica (Fig. 2)

Fig. 2: Diagrama metodológico para análisis de recurrencia histórica por inundación fluvial



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

Recurrencia histórica

Para el período 1971-2008, se determinó un total de 17 eventos de inundación fluvial, que han afectado los distritos censales de Carampangue, Ramadillas y Arauco rural. En tres años se han producido dos eventos de inundación: 1980 (Junio-Julio); 1992 (Junio) y 2001 (Julio-Agosto). Los datos consignados en la prensa local, indican que los eventos de 1992, se registraron con cinco días de diferencia, correspondiendo al paso de sistemas frontales distintos.

De acuerdo a la distribución por décadas, los eventos presentan una disminución hasta los años '90. Sin embargo, en el período 2000-2008 se registraron cinco eventos en 4 años, misma cantidad de inundaciones de la década de los '70 (Fig. 3). El menor número de sucesos se produjo durante la década del '90 con sólo tres eventos producidos en 2 años.

La clasificación y distribución de los eventos de acuerdo a su magnitud relativa, indicó que no todos los períodos presentaron la misma magnitud de inundación. En las década de los '70 y '90 se desarrollaron eventos de magnitud 1 y 2 (Fig. 4), ocurriendo una mayor cantidad de fenómenos de tipo 2 (4 eventos). En los años '70, la clasificación relativa es poco clara respecto a la categorización de un evento, pudiendo corresponder a una magnitud 3. En década de los '80 y los años 2000, se registraron los dos mayores eventos de inundación consignados en la prensa, ambos de magnitud 3.

Fig. 3: Inundaciones fluviales (1971-2008)- Frecuencia de eventos por década

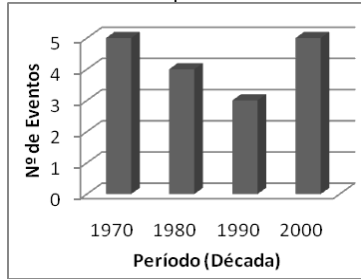
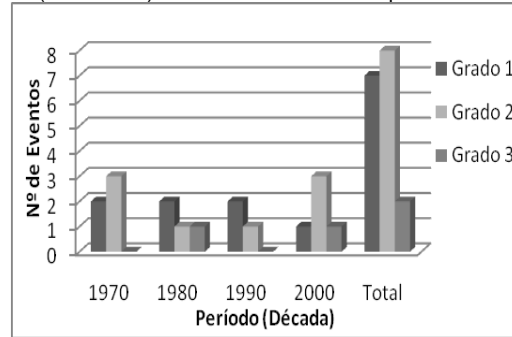


Fig. 4: Inundaciones fluviales por magnitud relativa (1971-2008)- Frecuencia de eventos por década



Fuente: Elaboración propia

La ocurrencia de 17 eventos para la cantidad de años revisados, entrega una recurrencia histórica (RH) de 2.23 años, lo cual indica que en cada año existe una probabilidad de una inundación de un 44.88% (Tabla 3). Los eventos de magnitud 1 y 2 presentaron una recurrencia similar, 5 años aproximadamente con un 20% de probabilidad de ocurrencia anual. La similitud entre ambos valores puede ser explicada por la información registrada en la prensa, ya que los eventos menores cuentan con menos difusión en los diarios. En la teoría, los valores de probabilidad de ocurrencia deberían ser mayores en magnitud 1 y menores en magnitud 2.

La magnitud 3 tiene una recurrencia histórica de 19 años, valor bastante más elevado en comparación a las magnitudes relativas 1 y 2. Aún con esa consideración, la probabilidad de que ocurra una inundación que genere un desastre en un año cualquiera es de un 5.2%.

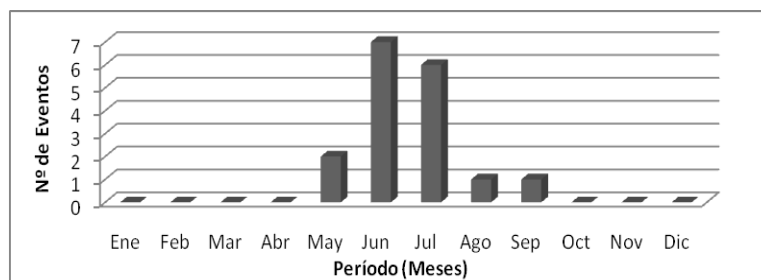
Tabla Nº 3: Recurrencia Histórica de inundaciones por magnitud relativa (1971-2008)

| Magnitud | Nº Eventos | Serie (años+1) | RH (años) | P. Ocurrencia |
|----------------|------------|----------------|-----------|---------------|
| Grado 1 | 7 | 38 | 5.42 | 18.45% |
| Grado 2 | 8 | 38 | 4.75 | 21% |
| Grado 3 | 2 | 38 | 19 | 5.2% |
| Total | 17 | 38 | 2.23 | 44.88% |

Fuente: Elaboración propia

Según los registros de prensa, la distribución mensual de los eventos de inundación en el área de estudio estableció una fuerte concentración en los meses invernales. El resto de los meses del año no presentó eventos de ninguna magnitud (Fig. 5). En el mes de junio se produjeron ocho eventos, entre ellos, uno de magnitud 3. El mes de julio registró seis eventos, seguido del mes de mayo con dos eventos y los meses de agosto y septiembre con un evento cada uno. Cabe señalar que el número de eventos mensuales no es indicativo de la magnitud que estos puedan alcanzar, un ejemplo se obtiene del mes de mayo de 1981, donde se desarrolló una inundación de magnitud 3.

Fig. 5. Distribución mensual de inundaciones fluviales (1971-2008) - Frecuencia mensual



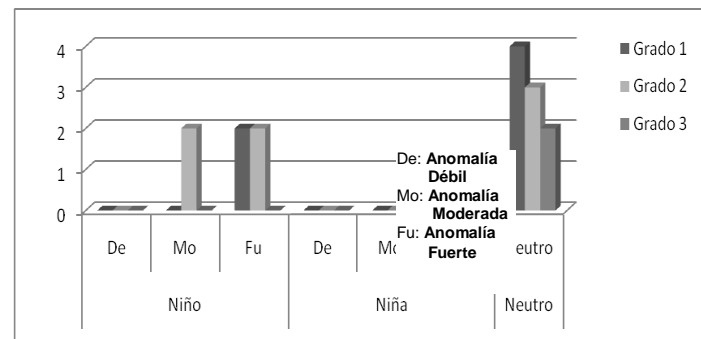
Fuente: Elaboración propia

Al relacionar inundación fluvial y eventos ENOS, se determinó que solamente un 35.3% de las inundaciones se produjo durante dichos eventos. En fases La Niña ocurrió un 11.8% (Fig. 6). La mayoría de las inundaciones se han producido durante épocas definidas como neutras, alcanzando el 52.9%, de este porcentaje un 44% correspondió a eventos registrados durante el período 2000-2008.

De acuerdo a la magnitud relativa de los eventos, se estableció que un 11.8% de ellos correspondió a inundaciones medianas producidas durante una anomalía moderada cálida. Durante el fenómeno El Niño intenso se encontraron dos inundaciones pequeñas y dos inundaciones medianas (23.5% ambos eventos), que correspondieron a los años 1972, 1992 y 1997 (Tabla 4). Cabe destacar que en el desarrollo de La Niña fuerte (1974 y 1975), ocurrió una inundación débil y una inundación moderada.

La mayor cantidad de inundaciones pequeñas se desarrolló en años neutros 57%, una cifra importante se obtiene cuando se realiza el mismo análisis con las inundaciones medianas 37.5%. Las mayores inundaciones (grado 3), se han producido durante años neutros (1981 y 2003), correspondiendo a eventos de 4 días de duración. Hay una baja vinculación de inundaciones con la ocurrencia de eventos El Niño en la zona, no desarrollándose ninguna inundación grado 3 durante este tipo de fenómeno.

Fig. 6. Relación de inundaciones según magnitud y tipo de evento ENSO (1971-2008)





Fuente: Elaboración propia.

Tabla Nº 4: Inundaciones históricas según magnitud relativa y tipo de evento ENSO (1971-2008)

| Año | Mes | Fecha | Magnitud Histórica | R. ENSO | ENSO | | |
|------|---------------|--------------|--------------------|---------|--------|---------|---------|
| | | | | | Inicio | Término | Clasif. |
| 1972 | Mayo Junio | 29-30-01 | ΔΔ* | Niño | AMJ-72 | FMA-73 | FU |
| 1973 | | | | | AMJ-73 | AMJ-76 | FU |
| 1974 | Junio | 25- 26-27-28 | ΔΔ* | Niña | | | |
| 1975 | Julio | 04 | Δ | Niña | | | |
| 1976 | | | | | ASO-76 | EFM-77 | DE |
| 1977 | Julio | 27 | Δ | Neutro | ASO-77 | DEF-78 | DE |
| 1978 | Julio | 18-19-20-21 | ΔΔ | Neutro | | | |
| 1979 | | | | | | | |
| 1980 | Junio | 18 | Δ | Neutro | | | |
| 1980 | Junio | 29 | Δ | Neutro | | | |
| 1981 | Mayo | 07-08-09-10 | ΔΔΔ | Neutro | | | |
| 1982 | | | | | AMJ-82 | MJJ-83 | FU |
| 1983 | | | | | | | |
| 1984 | | | | | OND-84 | OSO-85 | DE |
| 1985 | | | | | | | |
| 1986 | | | | | JAS-86 | EFM-88 | MO |
| 1987 | Julio | 13-14-15 | ΔΔ | Niño | | | |
| 1988 | | | | | AMJ-88 | AMJ-89 | FU |
| 1989 | | | | | | | |
| 1990 | | | | | | | |
| 1991 | | | | | AMJ-91 | JJA-92 | FU |
| 1992 | Junio | 04-05 | Δ | Niño | | | |
| 1992 | Junio | 10-11 | ΔΔ | Niño | | | |
| 1993 | | | | | | | |
| 1994 | | | | | AMJ-94 | FMA-95 | MO |
| 1995 | | | | | ASO-95 | FMA-96 | DE |
| 1996 | | | | | | | |
| 1997 | Junio | 21 | Δ | Niño | AMJ-97 | AMJ-98 | FU |
| 1998 | | | | | JJA-98 | MJJ-00 | MO |
| 1999 | | | | | | | |
| 2000 | | | | | | | |
| 2001 | Julio | 03-04-05 | ΔΔ | Neutro | | | |
| 2001 | Agosto | 28 | Δ | Neutro | | | |
| 2002 | | | | | AMJ-02 | FMA-03 | MO |
| 2003 | Junio | 18-19-20-21 | ΔΔΔ | Neutro | | | |
| 2004 | | | | | MJJ-04 | EFM-05 | DE |
| 2005 | | | | | | | |
| 2006 | Julio | 16-17-18 | ΔΔ* | Niño | JAS-06 | DEF-07 | M0 |
| 2007 | | | | | ASO-07 | AMJ-08 | M0 |
| 2008 | Sept | 01-02 | ΔΔ | Neutro | | | |

Nota:
*Eventos que posiblemente corresponden a grado 3, sin embargo faltan datos para clasificarlos.
Meses del año se indican con su respectiva inicial en español de acuerdo a su orden cronológico.

| | | |
|----------------------------|------------------------|--|
| ΔΔΔ : Inundaciones Grado 3 | FU : Anomalía Fuerte |  Episodio Cálido Niño |
| ΔΔ : Inundaciones Grado 2 | MO : Anomalía Moderada |  Episodio Frío Niña |
| Δ : inundaciones Grado 3 | DE : Anomalía Débil | |

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Espacial

A nivel espacial, el área más afectada por las inundaciones correspondió al sector de Carampangue con 11 eventos que generaron efectos adversos (Tabla 5). En todas las décadas estudiadas se registraron eventos en este sector, variando entre 1 evento en la década del '70, hasta cuatro en el período 2000-2008, siendo por lo tanto el área más afectada debido a su ubicación en el sector inferior de la cuenca.

El sector de Ramadillas, registró un total de siete eventos de inundaciones, concentrándose en el período 2000-2008 con tres episodios. Localidades más pequeñas como Conumo y Pichilo comienzan a ser nombradas por la prensa a partir de 1990, afectadas por inundaciones medias y grandes.

El distrito de Arauco rural, se ha inundado en cuatro oportunidades, correspondiendo a sectores aledaños a la ribera del río Carampangue. Este sector es uno de los más afectados por las crecidas, situación que no queda de manifiesto en la prensa, pero que se puede asociar con las inundaciones del sector de Carampangue por encontrarse dentro de la misma área.

Tabla Nº 5. Localidades afectadas por inundaciones en el curso inferior de la cuenca del Carampangue (1971-2008) – Frecuencia de eventos por década

| Localidad | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | Total |
|-----------------|------|------|------|------|-------|
| Todo Arauco | 3 | - | - | - | 3 |
| Ramadillas | 2 | 1 | 1 | 3 | 7 |
| Carampangue | 1 | 3 | 3 | 4 | 11 |
| Arauco Rural | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Pichilo | - | - | 1 | 3 | 4 |
| Conumo* | - | - | - | 1 | 1 |
| Arauco Urbano** | - | 1* | - | - | 1 |

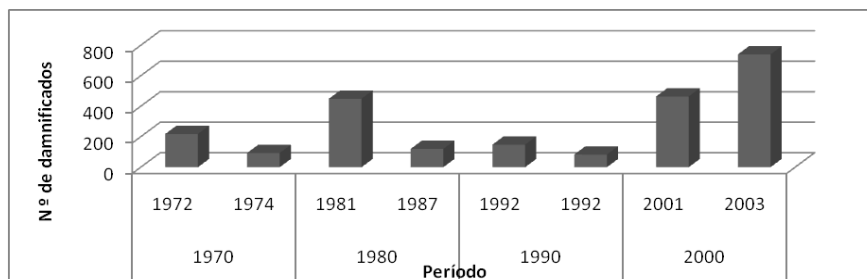
*Pertenece al distrito censal de Ramadillas / **Se considera en este caso Arauco Urbano debido a que la inundación afectó la planta de abastecimiento de agua potable de la ciudad.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las inundaciones

Según los datos del diario “El Sur” para el período 1971-2008, más de 2.300 personas han resultados damnificadas por las inundaciones producidas por el río Carampangue en los distritos censales de Ramadillas, Carampangue y Arauco Rural, mientras que el 56% de los damnificados se asocian a los eventos de magnitud 3 ocurridos en 1981 y 2003 (Fig. 7). La prensa no reportó víctimas fatales.

Fig. 7. Número de damnificados por inundaciones en el curso inferior del río Carampangue (1971-2008)



Fuente: Elaboración propia.

El daño en viviendas ha sido relevante sobre todo en los años 2000, donde 234 viviendas resultaron dañadas y 18 de ellas destruidas por el caudal del río (Tabla 6). En cinco eventos se registraron cortes de puentes y caminos, afectando la actividad económica local. En el ámbito vial, también se encontraron daños recurrentes en los años '70 y '80, de la vía férrea Ramadillas-Colico.

Tabla Nº 6. Daños producidos por inundaciones - Registros Diario "El Sur" (1971-2008)

| Tipología/Década | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 |
|---|--------------|------|------|---------------|
| Nº de Viviendas Dañadas (Total y Parcial) | 17 | - | - | 234 |
| Puentes y Caminos* | 1 | 2 | - | 2 |
| Agricultura y ganadería* | - | 1 | - | 2 |
| Corte de comunicaciones* | 2 | 1 | - | - |
| Problemas en vía férrea* | 2 | 1 | - | - |
| Planta de Agua Potable* | - | 2 | - | - |
| Millones | 20 (escudos) | | | 3.000 (pesos) |

*Las cifras corresponden al Nº de eventos en que se presentó alguno de estos efectos.

Fuente: Elaboración propia

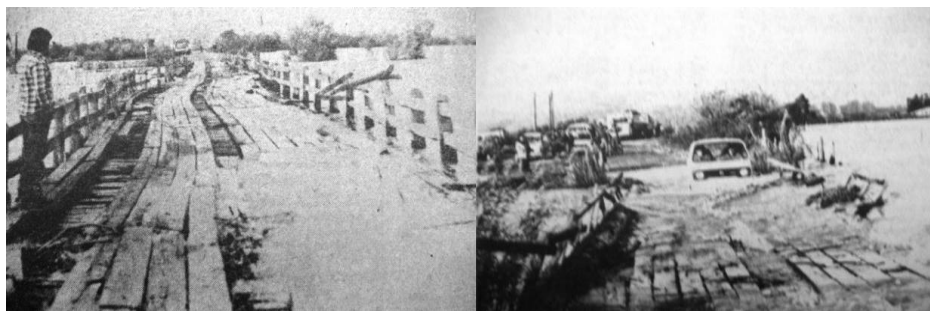
El corte de comunicaciones era habitual en la década de los '70, por ello en muchos casos sólo se conocían algunas noticias de los temporales que afectaban la zona, con escasos detalles. Otros daños asociados correspondieron al corte de suministro de agua potable en la ciudad de Arauco, ya que por su ubicación resultaba afectada por las inundaciones del río Carampangue.

Las inundaciones históricas importantes

Las inundaciones de junio de 1974 se produjeron durante un evento La Niña y corresponden a las más importantes de la década ya que las intensas lluvias provocaron la crecida del río Carampangue que terminó cortando las comunicaciones. Aquí 17 viviendas resultaron con daños, y las pérdidas económicas en la zona fueron millonarias.

Al iniciar la década del 80, las críticas por el mal estado de los caminos se leían constantemente en las cartas al director del diario "El Sur". La situación se agravó con el evento de magnitud 3 de mayo de 1981 ya que el Puente Largo que conectaba Concepción con Arauco quedó destruido por el aumento de caudal río Carampangue y el tránsito estuvo suspendido por 8 días (Fig. 8). Además 449 personas resultaron damnificadas en Carampangue y Ramadillas.

Fig. 8. Destrucción puente Largo Ruta Concepción-Arauco, río Carampangue (1981)



Fuente: Diario El Sur, Concepción Chile. Mayo 1981

El 02 de Julio de 1982 fueron inaugurados nuevos puentes: Huillines Nº 1 de 40 metros y el Puente Largo de 160 metros. La inversión fue millonaria y pretendía dar solución a los problemas de la ruta Concepción-Arauco, que además representaba el acceso desde Carampangue y Ramadillas hacia Arauco.

En julio de 1987 en pleno desarrollo de un evento El Niño, el río Carampangue subió 1.10 metros, inundando sectores urbanos y rurales, dejando más de 1.000 damnificados en la ciudad de Arauco y 120 en las localidades rurales cercanas al río, Carampangue fue la zona más afectada de la provincia de Arauco.

Los sucesos de 1992, ocurridos al igual que los de 1987 bajo condiciones ENSO cálidas, dejaron un saldo de 243 personas damnificadas. De estas, 100 terminaron albergadas en la escuela Pichilo de Carampangue, lugar afectado en conjunto con la zona rural de Arauco. La Fig. 9 indica la magnitud de la inundación, similar a las captadas en las inundaciones del año 2003.

Fig. 9. Vista aérea sector de Carampangue (1992)



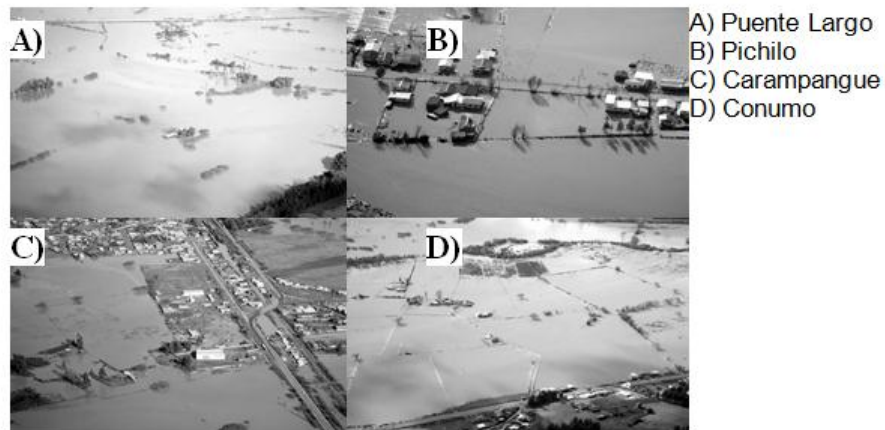
Fuente: Diario El Sur, Concepción Chile. Junio 1992

El año 2003, las fuertes precipitaciones provocaron el desborde de los ríos Carampangue y Cruces, afectando los sectores de: Horcones, Ramadillas, Pichilo (Fig. 10-B), Carampangue (Fig. 10-C), Conumo (Fig. 10-D) y El Parrón, donde el agua ocupó barrios completos y caminos.

Más de 200 familias fueron evacuadas en los distritos de Carampangue y Ramadillas (720 personas aproximadamente). En Pueblo Viejo de Carampangue la población Vicente Millán quedó bajo el río (Fig. 11).

En materia vial el puente El Bar, que une Carampangue con Curanilahue, fue afectado por un socavón. En el área agrícola, el temporal dejó 6 mil a 8 mil hectáreas inundadas, con una pérdida casi total en cultivos como: lechugas, perejil, cilantro y liliun, además de la pérdida de ganado y forraje para los mismos.

Fig. 10. Fotografías aéreas inundación zona de Carampangue (2003)



Fuente: Ilustre Municipalidad de Arauco

Fig. 11. Inundación zona de Carampangue (2003)



Fuente: Diario El Sur, Concepción Chile. Junio 2003

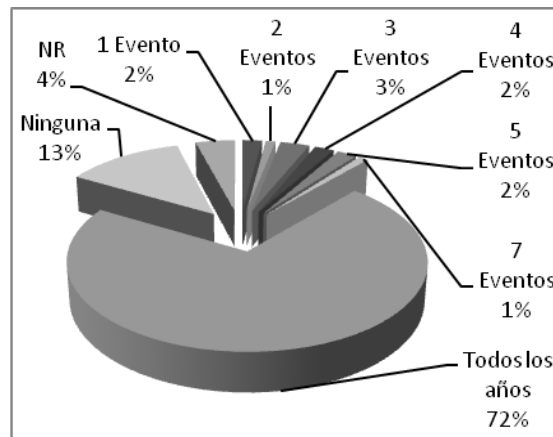
Para el 79% de la población de la zona, las inundaciones fluviales constituyen episodios muy frecuentes. El 15% sostiene que son episodios con una frecuencia media, mientras que sólo para un 6% son eventos poco frecuentes. En relación a la antigüedad del problema, el 80% de la población indica que las inundaciones les resultan antiguas y familiares.

Ante la pregunta: ¿Cuántas inundaciones recuerda?, el 72% de la población señaló que todos los años se producen inundaciones en la zona (Fig. 12-A). Un 11% recuerda de 1 a 7 eventos de inundación. El 13% no recuerda ningún evento en la zona, mientras que el 4% no responde.

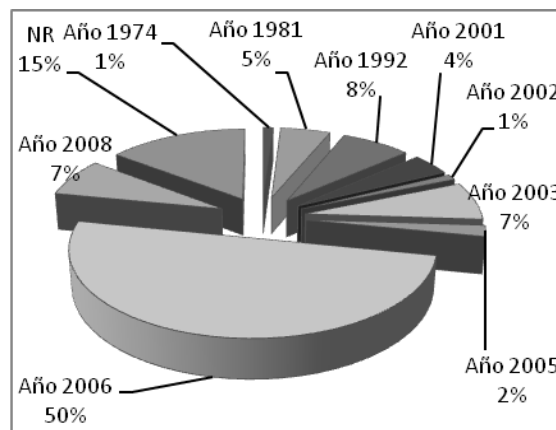
La peor inundación que recuerda la población corresponde al evento del año 2006, que es señalado por un 50% de los encuestados (Fig. 12-B). Otros eventos de los años 2000 sumaron un 21%, siendo mencionados los años: 2001, 2002, 2003, 2005 y 2008. En la década de los '70, sólo se señala el año 1974. Las décadas de los '80 y '90, fueron recordadas por dos episodios, el primero en el año 1981 y el segundo en 1992, con un 5% y 8% de las menciones respectivamente.

Fig. 12: Las inundaciones y la población

A) ¿Cuántas inundaciones recuerda?



B) ¿Cuál es la peor inundación que recuerda?

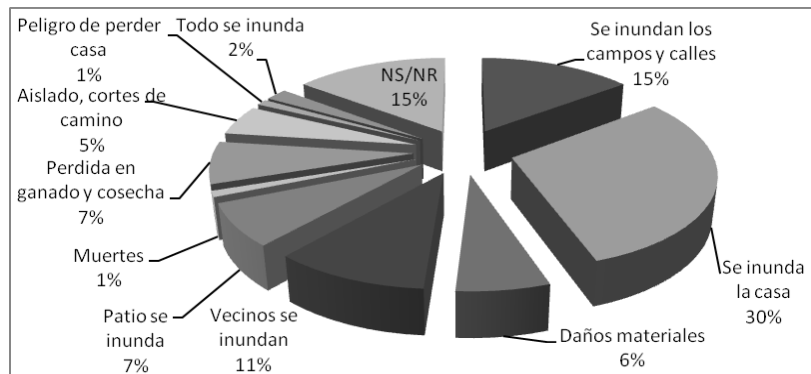


Fuente: Elaboración propia

La inundación de la vivienda, fue aludida como la característica más relevante del evento de mayor magnitud que recuerda el 30% de los encuestados (Fig. 13). El 11% señaló que los vecinos se inundan, mientras que el 7% indicó que su patio resultó inundado.

El aislamiento, la inundación de campos y caminos fueron mencionados por el 20% de los encuestados. Un 13% se refirió a las pérdidas de bienes materiales y agrícolas. Un porcentaje menor lo representaron aquellas personas que señalaron la muerte (1%) y el peligro de perder la vivienda (1%). El 15% no sabe o no responde la interrogante.

Fig. 13: Característica de la peor inundación que recuerda



Fuente: Elaboración propia

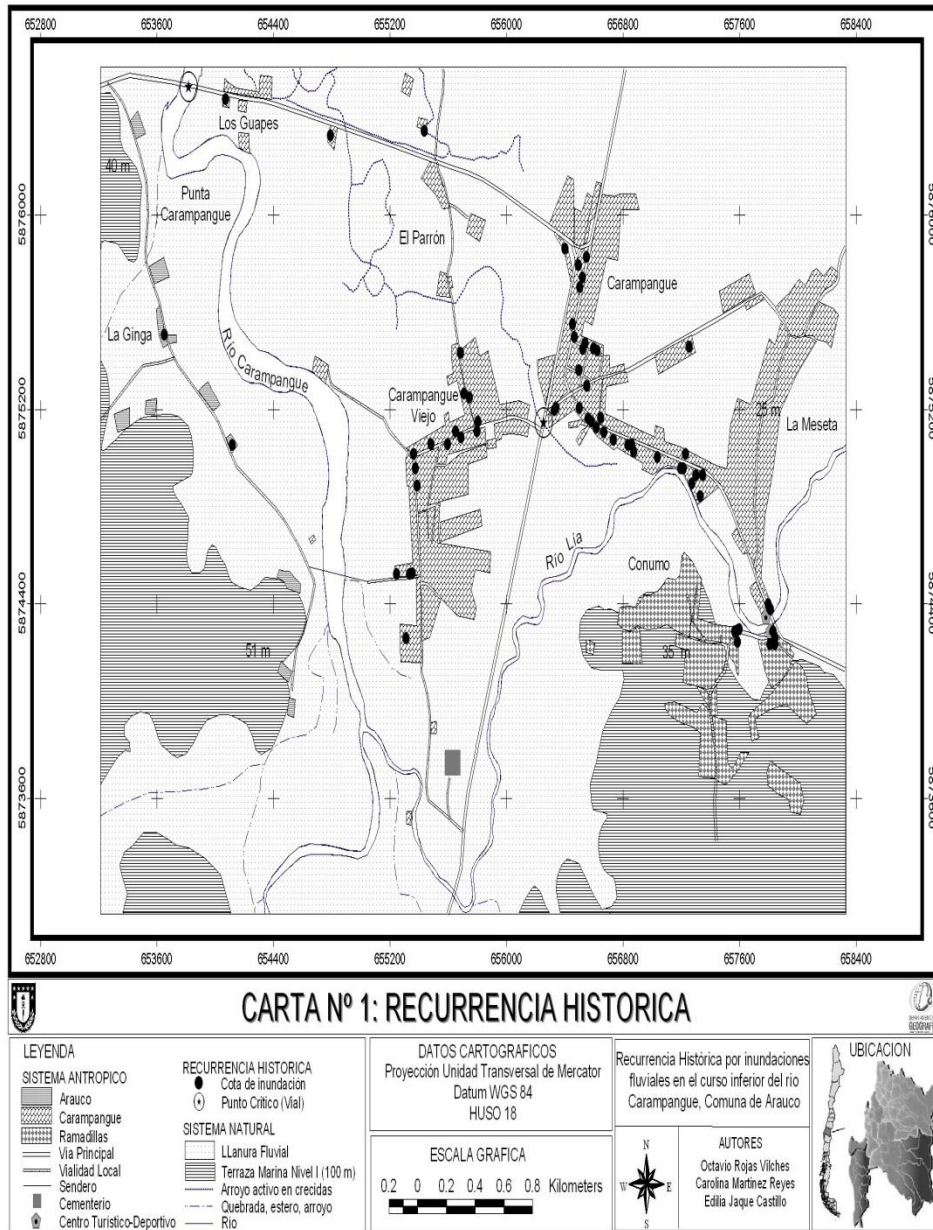
Carta de Recurrencia Histórica

La carta de recurrencia histórica estableció una clara concentración de las cotas históricas de inundación en el área dado que la nube de puntos tiende a concentrarse en las cercanías de los cursos fluviales más importantes del río Carampangue que escurre en sentido S-N y su tributario río Lía, que tiene un sentido de escurrimiento E-O (Carta N°1).

En el sector de Carampangue, las cotas se ubicaron preferentemente en el sector norte del río Lía, principalmente al costado sur del camino que une la localidad con Conumo. El sector es afectado por la sinuosidad del canal que describe el río en ese sector. Otros puntos de Carampangue afectados se encontraron más alejados del curso fluvial, pero presentaron una altitud menor o bien se ubicaron cercanos a áreas de cursos intermitentes, activados en crecidas estacionales al aumentar el nivel freático.

Los sectores de Los Guapes, La Ginga, Punta Carampangue, El Parrón y Carampangue Viejo, se encontraron directamente afectados por las inundaciones producidas por el río Carampangue, dada la distribución espacial de los eventos.

Las zonas con mayor altitud no presentaron recurrencia histórica de inundaciones. En este caso, destacan las áreas construidas sobre las terrazas marinas de nivel I (superiores a 100 msnm) y poblados construidos en terrazas marinas remanentes (superiores a 25 msnm), las que han resultado en zonas seguras para este tipo de peligro. En este caso se encuentra gran parte de Carampangue Viejo, La Meseta y Conumo alto.



CONCLUSIONES

El análisis de la periodicidad de los eventos de inundación fluvial en el curso inferior de la cuenca del río Carampangue, estableció una alta recurrencia histórica de estos fenómenos. Al respecto, se determinó que cada 2.23 años se producirá una inundación capaz de generar algún tipo de daño (magnitud 1), mientras que cada 19 años se producirá una inundación severa (magnitud 3), la que tendrá una posibilidad de ocurrencia de un 5.2% cada año, cifra elevada en comparación con el 1% de probabilidad que tiene una inundación de magnitud máxima y carácter centenario. El elevado número de eventos debería afectar la percepción del riesgo de los habitantes del área, como ha quedado de manifiesto en estudios realizados en otras regiones (Calvo García-Tornel y Granell, 2009).

Entre las magnitudes 1 y 2, no se encontraron mayores diferencias, lo que puede ser explicado por el alto registro de eventos de los últimos años. Es probable que la prensa sólo publicara grandes eventos en las décadas más antiguas estudiadas, a diferencia de la actualidad, donde la cobertura de los eventos es mayor y no necesariamente se asocian a una gran inundación. Una situación similar fue planteada por Potenciano (2004) en su estudio de las inundaciones históricas del río Amarguillo en Toledo (España), donde sugirió el problema del registro de inundaciones menores en décadas más antiguas.

La clasificación de los eventos por magnitud relativa, facilita la comprensión de la periodicidad, sin embargo en algunos casos, se complica por la escasa información. Para disminuir la generalidad y la incertidumbre en la categorización de los eventos dudosos, es útil el empleo de fuentes orales para reconstruir los efectos de una inundación y de esta forma disminuir las posibles fuentes de error. Un tratamiento similar de los datos ha sido realizado por el proyecto HANG de la Universidad de München (Barnikel, 2004?), donde los datos faltantes son completados con distintas fuentes de información, incluso el autor señala "que el valor de los datos históricos para completar antiguos datos físicos y para prolongar las series de las mediciones está aceptado en la mayor parte de Europa, sobre todo en el campo de las inundaciones". Sin duda en la medida en que se disponga de una mayor cantidad y extensión de fuentes el trabajo, la calidad y fiabilidad de los datos será considerablemente mejorada, como ocurre en Europa, donde las fuentes son numerosas, permitiendo investigar varios siglos (Llasat et al. 1999; García y García, 2003; Morales et al. 2005; Benito, 2006).

Se encontró una baja asociación entre eventos de inundación y fases ENOS, ya que sólo un 35% de las inundaciones se han producido en estas condiciones. Esto último indicaría que los eventos El Niño dejan de ser un predictor de posibles inundaciones en la cuenca, lo que estaría relacionado con su localización al sur de los 37°S. En este sentido, estudios previos indican que la influencia del fenómeno sobre la variabilidad de la precipitación y nieve es clara hasta los 35°S donde la fase cálida se relaciona fuertemente con lluvias extraordinarias (Waylen y Caviedes, 1990; Escobar y Aceituno, 1998; Caviedes y Waylen, 1998). Mas al sur, esta influencia se debilita o es poco clara. Los resultados del análisis espacial deben ser interpretados con precaución ya que sólo corresponden al número de eventos registrados para cada localidad por el diario local "El Sur", dado que la información de la prensa tiende a concentrarse en las áreas de Carampangue y Ramadillas, dejando otras entidades menores fuera de los reportes. A esto se suman los problemas de comunicaciones de las décadas '70 y '80, donde se generalizaron muchos casos. En ciudades de mayor tamaño y que disponen prensa local, este factor del riesgo puede ser tratado con mayor especificidad, puesto que es común encontrar las direcciones donde se registraron los eventos. Un ejemplo se encuentra en el estudio de Alarcón (1995), quien analizó la recurrencia de los eventos en el área metropolitana de Concepción, utilizando también el Diario El Sur como fuente principal. En este sentido, el empleo de registros históricos debe ser completado con otro tipo de fuentes en el caso de cuencas hidrográficas de tamaño pequeño o medio, que no presentan una cobertura de prensa adecuada o no cuentan con medios locales de prensa escrita.

Según la clasificación propuesta por Ayala-Carcedo y González (2006), la zona no habría experimentado en ninguno de los años investigados la calificación de *desastre social*, debido a que no han ocurrido víctimas fatales, sin embargo algunos eventos sí generaron la categoría de *desastre económico*, al influir los efectos sobre el desarrollo económico local, especialmente sobre la actividad agrícola y ganadera para una población que mayoritariamente pertenece a un segmento socio-económico bajo y se encuentra bajo la línea de la pobreza en Chile. A esto debe sumarse el elevado costo en reconstrucción que ha obligado a reparar obras viales principalmente de conectividad para caminos y puentes.

La recurrencia histórica coincide además con la percepción entregada por los habitantes. Al tratarse de eventos frecuentes, la población vive invierno a invierno bajo la incertidumbre que genera el dominio de los ríos de la zona, donde un tercio de la población se inunda o bien sufre alguna consecuencia asociada al evento. El cómo las personas se adaptan a este comportamiento de las crecidas deja una línea abierta a futuras investigaciones sobre la percepción social del riesgo en una zona que conjuga la herencia morfogenética de procesos fluvio-marinos y la forma de ocupación del territorio.

La carta de recurrencia histórica obtenida, establece que las áreas no ubicadas en terrazas marinas de cualquier nivel se encuentran más susceptibles a inundaciones (áreas cóncavas), concentrándose los puntos en las zonas cercanas a los ríos de la zona, además la red vial interfiere en el flujo normal de la corriente, actuando como una barrera, facilitando la ocurrencia de inundaciones, esta situación también ha sido descrita en estudios realizados en el río Girona (Segura, 2009). El contar con mapas de recurrencia histórica posibilita el análisis geomorfológico y/o hidráulico en la elaboración de la carta de peligrosidad, sin embargo los datos obtenidos en la carta deben ser verificados con ambas cartas (peligrosidad v/s recurrencia), como método de validación, ya que la población tiende a confundir las inundaciones fluviales con anegamientos urbanos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto FI N° 209.603.010-1.0 de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción.

REFERENCIAS

ALARCÓN, F. (1995). Evaluación de los riesgos naturales en el área metropolitana de Concepción, a través de la información del Diario El Sur. Memoria para optar al título de Licenciado en Educación, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 63 pp.

AYALA-CARCEDO, F. Y GONZÁLEZ, A. (2006). Mitigación de desastres naturales en el mundo y desarrollo sostenible: una aproximación al análisis de riesgo. En: Ayala-Carcedo F.J. Olcina, J. Laín, L. y González, A. (Eds.). Riesgos naturales y desarrollo sostenible, impacto, predicción y mitigación (pp.19-46). España: Instituto Geológico y Minero.

BARNIKEL, F. (2004). El valor de los documentos históricos para la evaluación de peligros naturales en áreas montañosas. Proyecto HANG. [En Línea]. Universität München. Consultado el 12 de agosto de 2009, En: <http://www.cartografia.cl/download/friedrichbarnikel.pdf>

BENITO, G. (2006). Riesgos de inundaciones: tendencias históricas y perspectivas de acuerdo con el cambio climático [versión electrónica]. *Revista Cuaternario & Geomorfología*, 20 (3-4), 29-44

CALVO GARCÍA-TORNEL, F. Y GRANELL, M. (2009). Valoración social del riesgo por inundación en el litoral meridional de la Región de Murcia [versión electrónica]. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol. 13., N° 225.

CAVIEDES, C. Y WAYLEN, P. (1998). Respuesta del clima de América del Sur a las fases de ENSO. Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, 27(3), 613-626.

CRED, (2009). Annual Disaster Statistical Review 2008 [in line]. In: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters: Consulted on august 25, 2009, of: http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2008.pdf

DIARIO EL SUR. (1972-2009). Concepción Chile. Diversas ediciones impresas

ESCOBAR, F. Y ACEITUNO, P. (1998). Influencia del fenómeno ENSO sobre la precipitación nival en el sector andino de Chile central durante el invierno. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 1998, Vol. 27, Nº 3, p. 753-759.

GARCÍA, C. Y GARCÍA, G. (2003). Las áreas históricas de inundación en Cartagena: problemas de drenaje y actuaciones [versión electrónica]. *Boletín de la A.G.E.* 35, 79-100

KELLER, E. Y BLODGETT, R. (2007). Riesgos Naturales: Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. Trad. Gil, P. Madrid: Pearson Prentice Hall. 448 pp.

LLASAT, M., BARRIENDOS, M., RODRIGUEZ, R. Y MARTÍN-VIDE, J. (1999). Evolución de las inundaciones en Cataluña en los últimos quinientos años [versión electrónica]. *Ingeniería del Agua*, vol. 6, 4, 257-266.

MORALES, J., PONS, J. Y CANTANO, M. (2005). Introducción al análisis de los riesgos de inundación en las riberas de las áreas estuarinas: El caso de las poblaciones adyacentes a la Ría de Huelva (SO España) [versión electrónica]. *Geogaceta*, 37, 243-246.

NOAA. (2009). US Climate Data: ENSO Impacts, Events 1951-present. Consulted on November 15, 2009, Of: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

OPS. (2009). Emergencias y desastres en Chile [en línea]. Organización Panamericana de la Salud OPS. Consultado el 25 de Agosto de 2009. En: http://www.disaster-info.net/PED-Sudamerica/chile_emergencia.htm

POTENCIANO, A. (2004). Estudio de las inundaciones históricas del río Amarguillo (Toledo) [versión electrónica]. Memoria para optar al grado de Doctor, Universidad Complutense, Madrid, España. 442 pp.

ROJAS, C. Y MARDONES, M. (2003). Las inundaciones en la ciudad de Valdivia: Eventos Históricos 1899-2002. *Revista Geográfica de Valparaíso*, 34, 227-242.

SEGURA, F. (2009). Geomorfología, inundaciones y alteración Antrópica del espacio inundable: el caso del riu Girona (Alacant, octubre de 2007). [Versión electrónica]. *Boletín de la A.G.E.* 49, 83-103

SOTO, I. (2008). Estudio de las inundaciones producidas por las crecidas del Río Carampangue. Informe de memoria de título para optar al título de Ingeniero Civil, Concepción: Universidad de Concepción.

VALENCIA, F. (2006). Estudio del balance hídrico en la cuenca del río Carampangue. Informe de memoria de título para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 134 pp.

WAYLEN, P. Y CAVIEDES, C. (1990). Annual and seasonal fluctuations of precipitation and streamflow in the Aconcagua river basin, Chile. *Journal of Hydrology*, 120, 79-102.