

Carta de amenaza por inundaciones repentinas Villa General Belgrano. Pcia. de Córdoba

1998

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899



+info
www.argentina.gov.ar/ina

Autores:
Barbeito Osvaldo y Ambrosino Silvio

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION DE AMENAZA Y RIESGO POR INUNDACIONES REPENTINAS.

CARTA DE AMENAZA POR INUNDACIONES REPENTINAS

VILLA GENERAL BELGRANO. PCIA. DE CORDOBA

1. - INTRODUCCIÓN

Las crecientes repentinas en la región serrana de Córdoba representan la amenaza natural por excelencia; ello es consecuencia de las propias características físicas de las cuencas del área, de fuertes pendientes naturales y baja permeabilidad de las rocas, a lo cual se suma la ocurrencia de severas tormentas convectivas favorecidas por el efecto orográfico. Otros factores, como el grado de alteración de la cubierta de vegetación natural (desforestación) y el manejo de suelos sin las debidas prácticas para su conservación, inciden también para un incremento de los escurrimientos.

Las inundaciones de carácter extraordinario que afectaron a poblaciones serranas de la Provincia de Córdoba, entre las que se destacan San Carlos Minas (1992), Villa General Belgrano (1992), Mina Clavero (1993) y recientemente Salsacate (1997), evidencian la activación total o parcial de los lechos de inundación episódicos, ante la presencia de crecientes de altos valores de recurrencias.

El análisis de trazas y elementos geológicos-geomorfológicos de las fotografías aéreas de las cuencas afectadas, indicaban en forma lo suficientemente clara, que dichos lechos de inundación ya se habían cubiertos por inundaciones en el pasado, hecho que se corrobora con datos brindados por antiguos pobladores e información histórica.

Sobre los lechos episódicos se establecen frecuentemente infraestructuras edilicias en grado variable, lo que trae como consecuencia, importantes pérdidas en la propiedad y lo que es más grave, pérdidas de vidas humanas. Además las crecientes repentinas no solo comprometen a sectores edilicios, sino también, a áreas de campamentismo localizadas a la ribera de los ríos.

Las tormentas convectivas severas tienen alta probabilidad de ocurrencia durante la noche agravando aún más la situación de riesgo, ya que toma

desprevenidos a los pobladores y a los organismos encargados de la defensa civil, debido a la insuficiente información que hubiera permitido predecir tales eventos.

Lo mencionado indica la conveniencia de encarar investigaciones que posibiliten la mitigación de la amenaza por crecientes repentinas, en base a técnicas de índole geológica y geomorfológica y el empleo de métodos hidrológicos para la verificación de los caudales.

2.- AMENAZAS NATURALES. ESTRATEGIAS DE MITIGACION

Una Amenaza Natural, se refiere a la probabilidad de ocurrencia dentro de un período de tiempo específico y para un área determinada, de un fenómeno con consecuencias potencialmente destructoras

El manejo de las amenazas naturales, entre las que se incluyen las crecientes repentinas de generación rápida, considera necesario establecer medidas previas al evento, durante el evento y posteriores a él. Entre las primeras, la mitigación de la amenaza natural es considerada la más efectiva en términos de costo para reducir el número de fatalidades y destrucción de propiedades y comprende las etapas de evaluación de la amenaza específica, el análisis de vulnerabilidad y el análisis de riesgo.

La evaluación de la amenaza está referida al conocimiento sobre la posible ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, sobre la probabilidad de su ocurrencia dentro de un período de tiempo específico y el área a ser afectada. El análisis de vulnerabilidad trata la información acerca del grado de pérdida o daño que pueda causar la ocurrencia de una amenaza, teniendo en cuenta las características del elemento afectado (tipo de construcciones, materiales, etc.) y por su parte el análisis de riesgo, deriva de la integración de la evaluación de la amenaza y el análisis de vulnerabilidad. De estas tres etapas de la mitigación, la evaluación de la amenaza es la base de partida y la más importante.

Las técnicas de sensoramiento remoto y en particular las de fotointerpretación, posibilitan definir con claridad y aceptable precisión los distintos componentes de un ámbito fluvial, como así también la dinámica de las aguas en períodos de crecientes. El análisis posibilita evaluar el material presente y su evolución, como así también, las situaciones potenciales de inestabilidad que pueden sufrir los cursos fluviales por la erosión de márgenes.

La información plasmada en cartografía de carácter geocientífico, permite obtener Mapas de Amenazas por Crecientes Repentinas, que nos permite visualizar aquellas áreas que pueden ser afectadas por la ocurrencia de crecientes periódicas y

episódicas.

Los resultados que brinda la evaluación de la amenaza, nos permite planificar y organizar los sistemas de prevención, ya sea mediante la implementación de técnicas de predicción, alertas, evacuación, etc., como así también para la etapa de concientización de la población, esto último de alta utilidad para la salvaguarda de vidas humanas.

3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es cubrir, dentro del marco de las estrategias de mitigación, la etapa de evaluación de las crecientes repentinas mediante la realización de un diagnóstico de los niveles de inundación que pueden afectar a Villa General Belgrano.

El principal propósito de esta etapa del estudio, estuvo dirigida a contar a corto plazo con información de base útil para los organismos encargados de Defensa Civil, en particular, en lo que se refiere a las probables áreas a ser afectadas por inundaciones de carácter extraordinario.

4.- PLAN DE TRABAJO

Como material de base topográfico, se utilizó la Carta Villa General Belgrano del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50.000, y como material aerofotográfico, fotogramas a escala aproximada 1:20.000 del año 1967 y 1:5.000 del año 1970 y 1995.

Las tareas desarrolladas son:

- a) Recopilación, análisis y selección de material bibliográfico, cartográfico y aerofotográfico. Recopilación de datos de lluvias y niveles de crecidas históricas.
- b) Análisis de fotointerpretación, a nivel de semidetalle, orientado al reconocimiento y definición del sistema de drenaje a nivel de cuenca y subcuencas.
- c) Reconocimiento y caracterización de las particularidades geológicas y geomorfológicas de la población y su entorno.
- d) Análisis de las características hidrológicas de las cuencas y cauces.

- e) Simulación de la creciente del año 1992.
- f) Elaboración de cartas temáticas a escala regional y de detalles.
- g) Confección de una Carta de Amenaza y Riesgo de Inundaciones por tormentas repentinas

5.- CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA DEL ARROYO EL SAUCE

La cuenca hasta la confluencia con el río Santa Rosa, tiene una superficie de 93 km² que comprende las subcuencas de los arroyos El Sauce propiamente dicho y de La Calle.

La subcuenca del Arroyo El Sauce de mayor potencial hidrológico, sobre la que se localiza la población de Villa General Belgrano, recibe de norte a sur a los arroyos Quebrada de Los Loros, El Durazno, Jabalí y Quebrada Honda, que drenan la vertiente occidental abrupta del cordón de las Sierras Chicas (Ver Carta Geológica y Geomorfológica), y a los arroyos de la Toma y Los Molles, que drenan parte de las estribaciones de Las Cumbres de Achala.

Por su parte la subcuenca del Arroyo de La Calle, conformada por arroyos menores no identificados en la toponimia y de menor potencial hidrológico, drena también parte de las estribaciones de Las Cumbres de Achala.

El medio receptor de este sistema hidrográfico, tiene desarrollo en un ambiente de montaña cuya génesis está vinculada al ascenso y descenso de bloques elongados en el sentido Norte-Sur. Al este los bloques ascendidos de la Sierras Chicas y al oeste los bloques escalonados de las estribaciones de las Cumbres de Achala, limitando ambos, los bloques descendidos que definen la depresión del Valle de Calamuchita.

Tal particularidad geológica-estructural, define paisajes geomorfológicos con características propias: la Vertiente Occidental Abrupta de la Sierras Chicas, la Vertiente Oriental Escalonada de las Cumbres de Achala y la Depresión Tectónica del Valle de Ctalamochita.

La Vertiente Occidental Abrupta de Las Sierras Chicas, genéticamente asociada al abrupto de falla o rechazo de los bloques ascendidos con respecto a los descendidos del fondo del valle, presenta un paisaje evolucionado a partir de rocas de carácter metamórfico-plutónico (geneises macizos y esquistosos y esquistos micáceos); su relieve es energético, manifestado en laderas empinadas con pendientes medias superiores al 20% y quebradas profundas generadas por fallas secundarias y evolucionadas por la acción de los cursos de agua. (Q. Honda, Q. El

Jabalí, Q. El Damasco, etc.).

Por su parte la Vertiente Oriental Escalonada de las Cumbres de Achala, vinculada a los bloques que desde el cuerpo principal de las sierras descienden escalonados hacia la depresión del valle por efecto del fallamiento, presenta un paisaje, por una parte, evolucionado en las rocas que componen el basamento cristalino, y por la otra, con una cubierta sedimentaria limolésica.

Sobre el substrato rocoso, el relieve se manifiesta en colinas planoconvexas con pendientes medias dentro del rango de 10-20 %, y en el caso de la cubierta sedimentaria, el relieve obedece a una altiplanicie fuertemente ondulada con pendientes medias entre 3% y 7% en donde alternan lomas y bajos.

En cuanto a la Depresión Tectónica del Valle de Ctalamochita genéticamente relacionada a bloques hundidos respecto a los ascendidos, el paisaje presenta una morfología que alterna entre vallecitos transversales y lomas, evolucionados sobre materiales sedimentarios de carácter fluviotorrencial en el piedemonte de las Sierras Chicas, y en los planos aluviales asociados al aporte longitudinal de las principales corrientes de agua que ocupan el eje de la depresión del valle. Las lomas presentan un relieve mediano con pendientes entre el 7 y 12% y los vallecitos transversales, un fondo plano-cóncavo con pendientes entre 3% y 5%.

6.- PLANOS ALUVIALES Y LECHOS DE LOS CURSOS DE AGUA

Los planos aluviales se caracterizan por tener un desarrollo lateral, limitado en gran parte, por el control que ejercen las fallas regionales en las que se encajan y por la presencia de dos niveles principales de terrazas.

Estas terrazas se deben a ciclos de deposición y erosión asociados al levantamiento de la región. Se distingue la terraza situada a un nivel superior antiguo y la correspondiente a un nivel inferior reciente; esta última incluye los diferentes lechos de descargas de los cursos de agua.

En el ámbito fluvial de la terraza inferior podemos distinguir los siguientes lechos de evacuación de descargas: el lecho ordinario, el lecho de inundación periódico y el lecho de inundación episódico

El lecho ordinario es la parte mas activa del ambiente fluvial, caracterizado por orillas bien definidas desde el punto de vista morfológico y por los materiales geológicos derivados del aporte longitudinal (arena, gravas, o bloques). Tiene características propias según los ambientes y tramos que recorre el río. El lecho ordinario representa la zona de mayor actividad hídrica, que en los periodos lluviosos, por las crecientes anuales que se generan, se activa en su totalidad.

Lecho de inundación Periódico: Cuando la capacidad de conducción del lecho

ordinario se ve superada, se activa el lecho de inundación periódico, que estaría limitado por una línea de evacuación de inundaciones periódicas. En este lecho se ubica generalmente la línea de ribera que se determina hidrológicamente por un valor prefijado de recurrencia. La línea de ribera deslinda el dominio público del privado. El tramo de lecho de inundación periódica bajo dominio privado debería estar restringido en su uso.

En virtud de su marcada actividad hídrica no es recomendable, la residencia permanente de personas, localización de camping y obras de infraestructura que de acuerdo a estudios específicos de hidrología perturben el escurrimiento de las crecidas. Así también, no es recomendable la implantación de elementos arbóreos de gran porte.

Lecho de inundación episódico, como la palabra lo dice, corresponde a la parte del ámbito fluvial que se activa ante la ocurrencia de crecientes históricas de gran magnitud y altos períodos de recurrencias. Los caudales superan la capacidad de conducción del lecho periódico de inundaciones. Estaría limitado por una línea de seguridad tendiendo a minimizar riesgos. Esta parte del lecho no debería tener restricciones de uso, pero teniendo en cuenta la dinámica y característica de la inundación en el sector, las construcciones deberían tener en cuenta su localización dentro del predio, tipo de construcción, etc.

Es recomendable disponer de cobertura de alerta hidrológica a efectos de asegurar la puesta en ejecución de los planes de prevención y salvaguarda de vidas humanas ante la ocurrencia de crecidas extraordinarias.

En la región de las sierras de Córdoba, el lecho de inundación episódico abarca gran parte del conjunto del ámbito fluvial, incluyendo nivel de terraza inferior, depresiones laterales, brazos de crecida, desbordes de meandros, etc. Por los materiales presentes y las geofomas que lo componen, no existen dudas de su activación para altos valores de recurrencias.

7.- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS EN RELACIÓN A LA GEOLÓGIA, GEOMORFOLÓGICA Y COBERTURA VEGETAL

Las características hidrológicas de una cuenca influyen en los valores de escurrimiento y en la magnitud del pico de una crecida en forma diversa; se los puede dividir en dos grandes grupo: meteorológicos y factores físicos.

Entre los meteorológicos, la más importante es la forma y tipo de la precipitación; su intensidad, duración y distribución espacial, son determinantes en la generación y forma de los hidrogramas de crecidas. Las lluvias intensas, normalmente de corta duración, son producidas por células convectivas de gran

desarrollo, dependiendo su magnitud de factores meteorológicos, tales como la humedad ambiente, presión atmosférica y temperatura.

Al respecto, cabe destacar la importancia de realizar mediciones de la lluvia y su intensidad, en forma sistemática, ya que ello resulta indispensable para establecer las relaciones entre su intensidad, duración y recurrencia. Con registros de varios años es posible obtener la probabilidad de ocurrencia de una precipitación de intensidad y duración determinada, y de disponerse de varios pluviógrafos, sería posible incluir el área de cobertura en la determinación de la probabilidad de ocurrencia de una lluvia fijada. En Villa General Belgrano no se dispone de pluviógrafos, por lo que se recomienda su instalación a la brevedad posible.

En lo que respecta al clima, la cuenca se ubica en la zona semi-húmeda con tendencia a semi-seca, (Capitanelli 1979), caracterizado por poseer un invierno térmico que comienza en mayo y finaliza en agosto con mínimas absolutas de -6.2 °C, y máximas absolutas de 27.5 °C para el mes de julio. Una estación intermedia comienza a mediados de agosto y finaliza a fines de abril con temperaturas máximas de 34 °C en enero y mínimas absolutas de $-0,2$ °C en agosto. La precipitación media anual es de 725 mm, concentrándose en el período setiembre – marzo, siendo comunes las tormentas de carácter convectivo que implican lluvias intensas, favorecidas por el efecto orográfico que producen los cordones montañosos.

Respecto a los factores físicos de la cuenca hídrica, podemos señalar: el tamaño de la cuenca de recepción o de aporte, la densidad de la red de drenaje en cuanto a su capacidad de evacuación, la forma de la cuenca en relación a la concentración de los flujos, pendiente de la cuenca, grado de impermeabilidad dado por las características y distribución del suelo rocoso, vegetación por su papel regulador del flujo, pendientes y formas de las secciones transversales de los cursos de agua principales, los que definen las velocidades y tirantes del flujo.

La cuenca del arroyo El Sauce en el que se localiza la zona urbana y periurbana de Villa Gral Belgrano, actúa como medio receptor de las vertientes de la Sierra Chica y de las estribaciones de la Sierra Grande, pudiendo alcanzar la descarga superficial valores significativos frente a lluvias que abarquen toda la zona. Las diversas situaciones de riesgo que pueden presentarse dependen de la posición que ocupan las obras edilicias y de infraestructura respecto a las características y formas de los planos aluviales. El uso actual del territorio actúa como factor gravitante que con mucha frecuencia incrementa los problemas que se generarían en las condiciones naturales.

En la subcuenca de aporte El Sauce, por la baja permeabilidad del substrato rocoso y la fuerte energía del relieve, las precipitaciones generan un mayor escurrimiento, que se traslada rápidamente aguas abajo, conforme a las características de la cuenca torrenciales. Los cursos son cortos, encajados en valles

en "V", organizado en cuencas mas o menos circulares y contiguas que desaguan al valle con sentido Este-Oeste. Tiene un régimen de escorrentía pluvial permanente en el caso del arroyo El Sauce, y semipermanente y temporario en las restantes subcuencas que integran el sistema del Arroyo Barranca de Los Loros.

El sistema de drenaje de las cuencas de los arroyos La Toma y Los Molles, adquiere un patrón dendrítico, donde los colectores principales están fuertemente controlado por fallas en el sentido NO-SE, con alta densidad de afluentes y régimen permanente en el caso del basamento cristalino, y baja densidad y régimen temporario, en la cubierta sedimentaria limolósica de la altiplanicie. El escurrimiento superficial, a diferencia del paisaje de la vertiente abrupta de las Sierras Chicas, posee menor potencial debido a la disminución de la energía del relieve y al aumento de la permeabilidad, siendo en este caso menor la magnitud de las crecientes repentinas, aunque sin dejar de tener significación.

Cabe señalar la importancia de la vegetación que actúa como reguladora de los procesos hidrológicos, facilitando la retención de agua de lluvia, mayor infiltración y retardando y reduciendo los picos. Lamentablemente la desaparición del bosque serrano en las áreas de aporte es casi total; la alteración a que está expuesta y al uso actual de sectores rurales, en donde se realizan prácticas agrícolas sin la correspondientes medidas de conservación, se ha producido como consecuencia una notable disminución en la infiltración y aumento en la escorrentía, lo que se manifiesta en la aceleración de la erosión geológica normal y en la magnitud de las inundaciones. Tal es el caso de la cubierta sedimentaria de la altiplanicie, en donde en un análisis temporal utilizando fotografías aéreas del año 1967 y 1995, se evidencia la eliminación de gran parte de la cubierta de vegetación natural y el avance de los procesos de erosión hídrica en todas sus formas (Laminar, difusa y concentrada). Así también las plantaciones de soja podrían reducir la infiltración por aplastamiento de sus hojas durante las lluvias.

La vegetación natural se distribuye en la cuenca según dos pisos vegetativos diferentes: el monte serrano y el arbustal o romerillal. El primero ocupa el fondo del valle extendiéndose hasta altitudes medias en las vertientes serranas, y el segundo ocupa las máxima altitudes. Su densidad es variable según la severidad de la alteración a que ha sido sometida; las mayores densidades se limitan a quebradas o zonas de difícil acceso.

De acuerdo a las características de la cuenca, se observa una tendencia natural a la generación de crecidas repentinas, de mayor magnitud en la subcuenca de aporte del arroyo El Sauce, donde la ocurrencia de una precipitación de cierta intensidad, puede generar picos de crecidas de magnitud con tiempos de traslados muy cortos

8.- CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LOS COLECTORES FLUVIALES Y SU

RELACION CON LAS SITUACIONES DE AMENAZA Y RIESGO EN LAS ÁREAS POBLADAS.

En las áreas urbanas y periurbanas, la amenaza por inundaciones repentinas se circunscribe a los planos aluviales, adoptando las inundaciones una magnitud y dinámica que varía según las geoformas que los componen en los diferentes tramos.

Los planos aluviales por el encajamiento progresivo de los cursos, presentan como se indicó anteriormente, dos niveles de terrazas fluviales: un nivel superior más antiguo y un nivel inferior más reciente. El nivel superior en todos los casos, no es afectado por inundaciones debido a su altura y posición geomorfológica, a diferencia del nivel inferior que incluye las geoformas más activas desde el punto de vista hidrológico.

En el nivel inferior, debido al encajamiento que presentan los cursos de agua en respuesta al levantamiento de la región por procesos neotectónicos, se incluyen los lechos ordinarios, el lecho de inundación periódico y el episódico, actuando como tales el plano aluvial definido por dicho nivel de terrazas. Ante la ocurrencia de crecientes periódicas, cuando es superada la capacidad de conducción del lecho ordinario, el lecho periódico se activa parcialmente y ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias de tipo episódico, es probable la activación de este lecho en gran parte de su extensión. Esto último ha sido evidenciado en el análisis fotogeomorfológico y también por la magnitud de la creciente extraordinaria del 4 de diciembre de 1992.

La magnitud y dinámica que adoptan las inundaciones y el riesgo que esto significa, varía según los casos de acuerdo a las características y desarrollo que presente este nivel de inundación, y la posición que dentro de él, ocupen zonas pobladas, motivo por el cual, se considera por separado el análisis de las subcuencas de los arroyos: La Toma, Los Molles, Barranca de Los Loros y El Sauce.

Subcuenca arroyo La Toma

La subcuenca del arroyo La Toma tiene su desarrollo en las estribaciones de las Cumbres de Achala, con nacientes en el paisaje de la Altiplanicie. El límite superior de la subcuenca se encuentra 1 Km al Norte del camino El Crucero, abarcando una superficie de aproximadamente 5.00 Km², siendo su pendiente media del 1.5 % con una energía media de relieve, dentro del orden de 12-20 %.

La litología corresponde en un 70 % de la superficie, a la cubierta sedimentaria de la altiplanicie y el resto en la baja cuenca, a rocas aflorantes del basamento cristalino.

La cubierta de vegetación natural del Monte Serrano desarrollada sobre la cubierta limoloso, ha sido prácticamente eliminada por completo para el uso agrícola. Ella solo se presenta en manchones en las zonas periurbanas y rurales de la parte baja de la subcuenca.

La subcuenca tiene forma mas o menos alargada, estando controlado el colector principal por una falla de orientación NO-SE, lo que determina un curso con marcado predominio de tramos rectos y ausencias de meandros. El régimen de drenaje es temporario en la altiplanicie, conducido por un bajo plano-cóncavo de trazo recto debido al control estructural en profundidad (falla), que actúa como eje de avenamiento, y aguas abajo luego de sobrepasar la ruta que conduce a Los Reartes, adquiere un régimen de escurrimiento permanente, hasta su confluencia con el Arroyo El Sauce.

En su ingreso a las áreas periurbanas y urbanas de la ciudad, el arroyo corre encajado en el substrato rocoso y con trazo marcadamente rectilíneo, debido al fuerte control de la falla, motivo por el cual los planos aluviales están restringidos lateralmente, con desarrollo de los dos niveles de terrazas.

El nivel superior estable no-inundable, tiene desarrollo exclusivamente sobre la margen derecha del curso, a diferencia del nivel inferior, que aunque en forma limitada debido al encajamiento del curso, se desarrolla hacia ambas márgenes.

Del análisis fotogeomorfológico, el control de campo y los datos históricos, se evidencia que superada la capacidad de conducción del lecho ordinario en crecientes normales, el nivel inferior de terrazas se activa parcialmente, y totalmente ante la ocurrencia de crecientes episódicas de magnitud, actuando como lecho de inundación episódico.

El trazo recto del curso por el efecto que produce el control estructural por fallas, el encajamiento y el escaso desarrollo lateral de los planos de inundación, determinan que la dinámica de las crecientes repentinas, se caracterice por tener un desarrollo vertical netamente predominante sobre el lateral, lo que implica durante crecientes de magnitud avance frontal y fuerte poder destructivo.

Agravando la amenaza, resulta importante el aporte de sedimentos provenientes de la intensa erosión laminar y en surcos, sobre la cubierta sedimentaria de la altiplanicie, en la que tiene naciendo la subcuenca. Ello ha generado una progresiva colmatación del cauce sobretodo en los sectores de menor pendiente, hecho que disminuye la capacidad de conducción de los mismos, incrementando la posibilidad de inundaciones.

Situaciones de Riesgo

En base a la evaluación geomorfológica, y teniendo en cuenta la localización de obras de infraestructura edilíceas, se desprende que las áreas de riesgo mas significativas corresponden a las áreas urbanas localizadas en calle B. Rivadavia y el sector próximo al vado de la Av. San Martín.

Complican la situación, el entubamiento del arroyo en el predio del SETIA y los puentes secundarios construidos aguas abajo del vado, los que no tienen suficiente sección de pasaje y que junto a otras interferencias producen el efecto de almacenamiento aguas arriba con levantamiento del pelo de agua.

Como consecuencia, en crecientes de cierta magnitud, se produce un desborde canalizado por la Av. San Martín, la que actúa como canal de crecida, para luego desaguar por calles transversales en dirección al cauce del arroyo.

La dinámica que adquieren aquí las inundaciones repentinas, genera una de las situaciones de mayor riesgo de este arroyo, lo que se corrobora con los daños ocasionados ante la ocurrencia de la creciente extraordinaria del 4 de diciembre del año 1992.

Subcuenca Arroyo Los Molles

El arroyo Los Molles al igual que el A. La Toma, tiene su desarrollo en las estribaciones de Las Cumbres de Achala con nacientes en el paisaje de la Altiplanicie fuertemente ondulada; siendo el área de su cuenca, 9.7 Km².

A diferencia del Arroyo La Toma, la cubierta sedimentaria de la altiplanicie dentro del perímetro de la subcuenca, está mas restringida ocupando una superficie menor al 30%, correspondiendo el porcentaje restante, a las rocas cristalinas integrantes del basamento metamórfico plutónico.

La cubierta de vegetación natural perteneciente al Piso del Monte Serrano, ha sido eliminada casi por completo en la cubierta sedimentaria de la altiplanicie para el uso agrícola, estando restringida en la actualidad, a los planos aluviales del cauce principal y arroyos tributarios.

En las nacientes sobre el paisaje de la planicie fuertemente ondulada, el drenaje es de régimen temporario, conducido por bajos plano-cóncavos que actúan como vías de desagüe, para luego aguas abajo ya sobre rocas cristalinas del

basamento, adoptar régimen permanente.

La subcuenca presenta un diseño similar al Arroyo La Toma, estando controlado el colector principal por una falla de idéntica orientación (NO-SE). y encajado el curso con desarrollo lateral limitado de los planos aluviales en que incluyen los dos niveles de terraza. El nivel superior estable no-inundable, tiene desarrollo principalmente sobre la margen derecha y hacia ambas márgenes, el inferior inundable.

Las inundaciones siguen una dinámica muy similar al caso del Arroyo La Toma, debido al trazo recto del colector y su encajamiento, lo que produce un marcado crecimiento vertical de las crecientes y fuerte poder destructivo, estribando la diferencia en una mayor magnitud del proceso en respuesta a la mayor extensión y potencial hidrológico de las áreas de aporte.

El aporte de sedimentos al cauce es de menor magnitud respecto al arroyo La Toma, en razón de ser menor el área cubierta por los sedimentos friables.

Situaciones de Riesgo

Las áreas de riesgo corresponden a los sectores suburbanos del oeste, en las inmediaciones del puente sobre la Av. Corrientes, en donde se emplazan obras edilicias sobre el nivel inferior de terrazas inundables, agravado por el efecto de almacenamiento debido a la confluencia con el Arroyo El Sauce.

La dinámica que adoptan las inundaciones en la confluencia, depende del estado de creciente que presente el Arroyo El Sauce en el momento de llegada del pico del Arroyo El Molle. La situación se presenta más crítica cuando la llegada es posterior al arribo de los caudales máximos del Arroyo El Sauce; cabe mencionar que cuando la lluvia es uniforme, ésta es la situación más frecuente de acuerdo a los resultados del análisis hidrológico, lo cual produce el efecto de almacenamiento con elevación del pelo de agua agravando la inundabilidad del sector.

Arroyo Barranca de Los Loros

La subcuenca del Arroyo Barranca de Los Loros con una extensión de 13.8 Km², drena en su mayor parte el sector norte de la vertiente occidental de las Sierras Chicas y en menor medida, parte de la altiplanicie de la depresión del Valle.

Los materiales geológicos, se reparten entre rocas componentes del

basamento cristalino que ocupan la mayor extensión de la subcuenca, materiales fluviotorrenciales de piedemonte y sedimentos aluvionales recientes en los ejes de avenamiento del valle.

El relieve es fuerte con pendientes medias comprendidas en el rango 10-20 % en el faldeo de las Sierras y suave a mediano (4 %), en el ambiente de piedemonte y los planos aluviales evolucionados en él.

La cubierta de vegetación natural la componen elementos del Piso del Monte Serrano, con un grado de cobertura variable de acuerdo a la alteración y a la posición geomorfológica, alcanzando la máxima densidad en quebradas y lugares de difícil acceso.

El uso actual se limita al pastoreo limitado y ocasionalmente a cultivos anuales ocasionales en valles secundarios.

El curso del Arroyo Barranca de Los Loros controlado por la falla regional N-S implicada en el levantamiento de las Sierras Chicas, actúa como colector transversal, de cinco subcuencas contiguas que drenan la vertiente occidental abrupta de dicho cordón orográfico y de cuencas de menor extensión, que drenan lomadas del piedemonte. El sistema de drenaje es de régimen semipermanente sobre la vertiente de las Sierras Chicas y temporario en toda su extensión, hasta la confluencia con el Arroyo Los Sauces, con alta tendencia a la generación de crecientes en respuesta a la predominancia de rocas cristalinas poco permeables y la fuerte energía del relieve.

En el paisaje del valle el curso del arroyo al igual que los arroyos La Toma y El Molle, presenta fuerte control estructural, en este caso por la falla N-S, lo que determina el trazo rectilíneo del curso y escaso desarrollo lateral de planos aluviales, aunque en este caso algo más extendidos por un mayor aporte aluvional, derivado de los materiales sedimentarios que rellenan el valle.

El nivel superior de terraza estable frente a las inundaciones, se presenta desarrollado hacia ambas márgenes, al igual que el inferior inundable.

Las geoformas labradas en los materiales friables por los que corre el arroyo, indican con mayor claridad que en los casos antecedentes, la dinámica de las inundaciones. El lecho ordinario presenta características que indican su frecuente desborde, activándose parcialmente el nivel inferior de terrazas ante la ocurrencia de crecientes ordinarias y totalmente, ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias. En el tramo final del arroyo antes de su confluencia con el Arroyo El Sauce, en donde se presenta un patrón meandriforme incipiente, se evidencian trazas fotogeomorfológicas que indican su frecuente desborde.

Situaciones de Riesgo

Las situaciones de riesgo en el recorrido del arroyo son limitadas por la ausencia de obras edilíceas en sus márgenes, salvo en la zona de la confluencia con el Arroyo El Sauce, en donde la amenaza está condicionada a su vez por la influencia de dicho arroyo, situación que se trata mas adelante.

No obstante, es importante considerar que si bien presenta un aspecto inofensivo de arroyo seco, la alta tendencia a la generación de crecientes repentinas que presenta y su ubicación geográfica, que imposibilita su visualización desde los lugares mas transitados, le confiere a las crecientes un carácter inesperado, incrementando la amenaza aguas abajo en la zona poblada en las riberas del Arroyo El Sauce.

Subcuenca arroyo El Sauce

La configuración geomorfológica e hidrológica del arroyo el Sauce, determina la consideración del grado de amenaza de acuerdo a tramos que presentan características distintivas: El tramo comprendido desde las nacientes hasta la confluencia con el Arroyo Barranca de Los Loros (tramo 1), el tramo comprendido entre dicha confluencia hasta la confluencia con el Arroyo La Toma (tramo 2) y el tramo aguas abajo hasta la salida del área urbana (tramo 3) incluyendo la confluencia con el Arroyo Los Molles.

Tramo 1

La subcuenca del arroyo El Sauce en lo que corresponde al tramo 1, tiene desarrollo en la vertiente occidental abrupta de Las Sierras Chicas, abarcando una superficie de 13 km² conformada por los arroyos El Damasco, Quebrada Honda y El Jabalí, hasta la confluencia con el Arroyo Barranca de Los Loros.

La litología corresponde en toda su extensión a las rocas componentes del basamento cristalino poco permeable que soportan suelos residuales someros de texturas gruesas derivados de su propia alteración.

El relieve es fuerte a muy fuerte en quebradas evolucionadas a partir de líneas de debilidad producto de fallas y fracturas y la vegetación natural, compuesta por elementos del Monte Serrano, adquiere mayor densidad en las quebradas y disminuye en las laderas mas expuestas, adoptando en la actualidad fisonomía de arbustal y elementos arbóreos aislados, producto de la alteración progresiva

principalmente por efecto de incendios periódicos.

Este tramo de la cuenca del A. El Sauce, constituye el área de recepción más significativa para la generación de caudales, por su superficie, la baja permeabilidad de las rocas cristalinas y suelos someros, la densidad de drenaje, las fuertes pendientes y la forma casi circular que posee, lo que involucra la rápida concentración y evacuación de caudales, como la producción de picos de gran magnitud.

A la salida de la Sierra hasta su confluencia con el Arroyo Barranca de Los Loros, el colector principal del sistema ha generado por entalle y deposición un valle transversal Este-Oeste de fondo plano-concavo sobre los materiales de piedemonte, en el que se definen el nivel superior estable y el inferior de terrazas inundables.

El nivel inferior denota en el análisis fotogeomorfológico que desde la salida de la sierra hasta la ruta provincial N° 5, se comporta como un lecho de inundación periódico que presenta escaso desarrollo lateral, mientras que aguas debajo de la ruta se extiende en mayor medida hacia la margen norte; mantiene un lecho de inundación episódico con extensión en todo su recorrido.

La dinámica de las inundaciones, se caracteriza por avance frontal y fuerte poder destructivo, dado el trazo recto del curso y los significativos picos de crecida que se generan para lluvias intensas de cierta magnitud. En crecientes ordinarias se afecta con mayor severidad la margen derecha, donde tiene mayor desarrollo el lecho de inundación periódico; ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias este lecho actúa como lecho de inundación episódico, abarcando en toda su extensión el nivel de terraza inferior.

Situaciones de Riesgo

Las situaciones de riesgo de este tramo están dadas por la localización de las obras de infraestructura edilicias sobre la ribera izquierda en donde el curso corta la ruta 5, localizadas en el borde del nivel de inundación periódico y totalmente en el lecho episódico.

Dichas viviendas enfrentan un severo riesgo ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias.

Completa el cuadro de riesgo, el cruce de la ruta que posee una alcantarilla- puente sin la capacidad necesaria para evacuar los excedentes en crecientes importantes, lo que produce un rebalsamiento rápido sobre la carpeta asfáltica, significando un riesgo para el tránsito vehicular.

Aumentando el grado de amenaza y el riesgo asociado, tanto el lecho de inundación periódico como el episódico, cuentan con elementos arbóreos alóctonos de gran porte, lo que significa la probabilidad de arranque en crecientes severas y la generación de efecto embalse y posterior desborde, lo que le confiere a la escorrentía mayor poder destructivo.

La amenaza frente a crecientes repentinas de este tramo, además de evidenciarse en el análisis fotogeomorfológico, se corrobora con datos históricos brindados por viejos pobladores que hacen referencia a crecientes de gran magnitud ocurridas en el año 1918 y 1954.

Tramo 2

El tramo 2 del arroyo, comprende entre la confluencia del Arroyo Barranca de Los Loros hasta la confluencia con el Arroyo La Toma conformando el área de aporte la subcuenca del tramo antecedente (tramo 1) y de los arroyos Barranca de Los loros, La Toma y el desagüe temporario de gran parte de la altiplanicie.

La litología de este tramo corresponde en un 65% de su superficie total, a rocas componentes del basamento cristalino de baja permeabilidad y el porcentaje restante en su mayor parte, a la cubierta de carácter limoloso de la altiplanicie y en menor extensión a depósitos fluvioaluviales.

La cubierta de vegetación natural, salvo en la vertiente occidental de las Sierras Chicas y el piedemonte, está eliminada casi por completo y reemplazada por el uso agrícola en lo que corresponde al paisaje de la altiplanicie.

El curso del arroyo en este tramo está controlado por la prolongación sur de la falla que controla al Arroyo Barranca de Los Loros, aún cuando en algunos sectores se pierde dicho control. Este control sumado al aporte aluvial, ha posibilitado la evolución lateral del curso y la generación de planos aluviales más extendidos.

Estos, se presentan aterrazados según los dos niveles principales, el nivel superior e inferior. El superior, estable ante las inundaciones, tiene exclusivamente desarrollo sobre la margen izquierda desde la confluencia con el Arroyo Barranca de Los Loros hasta la confluencia con el A. La Toma.

El nivel inferior inundable menos extendido, tiene desarrollo hacia ambas márgenes, alcanzando su ancho máximo en la margen derecha a la altura de la Av. El Mirador, en donde incluye en su borde oeste, un bajo lateral que obedece a una posición antecedente del arroyo El Sauce y al que se integra un bajo amplio de

fondo plano-cóncavo que actúa como vía de desagüe esporádica de la altiplanicie.

El encajamiento del curso ordinario del arroyo y el escaso desarrollo del lecho de inundación periódico, al igual que los casos antecedentes, determina la activación parcial del nivel inferior de terrazas en crecientes ordinarias y total en crecientes extraordinarias, estribando la diferencia en la dinámica que adoptan.

En el tramo comprendido entre la confluencia con el Arroyo Barranca de Los Loros y el puente de la Av. Las Magnolias, los patrones fotogeomorfológico indican hacia la margen derecha, una dinámica caracterizada, por el predominio de avance frontal destructivo, particularmente a la altura de la Avenida El Mirador, en donde confluyen los caudales derivados del tramo 1, el Arroyo Barranca de Los Loros y el eje de avenamiento de la altiplanicie, agravando la situación el bajo lateral asociado a la posición antecedente del Arroyo El Sauce, el que actúa como canal de crecida. Aguas abajo del puente de la Av. Las Magnolias hasta la confluencia con el Arroyo La Toma, la dinámica en respuesta al amplio meandro que describe el arroyo, se caracteriza por avance frontal y fuerte poder destructivo sobre la margen izquierda (curva externa) y avance con acrecentamiento lateral hacia la derecha (curva interna).

Debido a la diversidad en cuanto a la extensión y formas planas y verticales de las subcuencas que afluyen a este tramo, es importante considerar el ingreso de picos de crecida de tiempos y magnitudes diferentes, prevaleciendo en cuanto a los caudales que aportan, el Arroyo El Sauce (Tramo 1) y el Arroyo Barranca de Los Loros.

En este tramo es donde el aporte de sedimento en suspensión derivados de los intensos procesos de erosión que afectan a la altiplanicie loéssica, adquiere mayor significación, dado que el eje de avenamiento que desagua el sector, colecta las aguas de las áreas donde los procesos de erosión son mas extendidos y severos, en respuesta al laboreo intensivo y no planificado. Como consecuencia se produce una paulatina colmatación del cauce y progresiva disminución en la capacidad de conducción, lo que incrementa la tendencia natural a la generación de crecientes.

Agrava aún mas el grado de amenaza en este tramo, la presencia en el cauce de elementos arbóreos alóctonos de gran porte, que producen el efecto de retardo del escurrimiento con levantamiento del pelo de agua y a su vez, la probabilidad de arranque de arboles ante la ocurrencia de crecientes de magnitud, lo que significa un importante riesgo potencial por el taponamiento del puente sobre Ojo de Agua y la generación del efecto embalse y posterior ruptura, agravando la situación aguas abajo.

Situaciones de Riesgo

Los sectores mas comprometidos de este tramo, en particular ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias, corresponden a sectores del Barrio La Cancha localizados en el nivel inferior de terrazas que actúa como lecho de inundación periódico y episódico sobre la margen izquierda del curso, y en particular, sobre la margen derecha debido a la dinámica predominantemente frontal con fuerte poder destructivo que adoptan las crecientes en ese sector. Aquí se localizan obras edilíceas sobre la Av El Mirador, en el bajo asociado a una antigua posición del Arroyo El Sauce, en el que desaguan las escorrentías generadas en la altiplanicie; dicha zona tiene probabilidad de inundación severa, por aportes del tramo 1 del arroyo, ante la ocurrencia de eventos extraordinarios.

Aguas abajo del vado de la Av. El Mirador, el riesgo disminuye aunque no deja de ser significativo. Obras edilíceas del Barrio La Cancha, se localizan en el nivel inferior inundable de terrazas sobre la margen izquierda del arroyo, en donde la dinámica se caracteriza por una tendencia a desbordes laterales en la margen izquierda, quedando el avance frontal limitado a la margen derecha, en donde no se localiza infraestructura edilícea.

Tramo 3

El tramo 3 está comprendido desde la confluencia con el A. La Toma, hasta aguas abajo de la confluencia con el A. Los Molles, conformando su área de aporte todas las subcuencas antecedentes.

A las características litológicas del relieve y la vegetación que corresponden al tramo 2, se suman las de la subcuenca del Arroyo El Molle.

El tramo del arroyo comprendido entre la confluencia con el arroyo La Toma hasta unos 100 aguas abajo del vado de la Av. Julio A. Roca, el río vuelve a ajustarse al fuerte control estructural de la falla Norte-Sur, adoptando el ambiente fluvial las características típicas de los tramos antecedentes bajo control estructural.

Los planos aluviales aterrazados según los niveles superior estable e inferior inundable, presentan escaso desarrollo lateral. El nivel superior está restringido sobre la margen derecha del arroyo en todo el recorrido del tramo, asociado a un meandro abandonado sobre la margen izquierda, a la altura del puente de la calle 17 de Agosto.

Por su parte el nivel inferior inundable que actúa parcialmente como lecho de inundación periódico ante la ocurrencia de crecientes ordinarias y totalmente como lecho episódico ante la ocurrencia de crecientes extarordinarias, tiene desarrollo hacia ambas márgenes, aunque en forma restringida por el encauzamiento que

presenta el curso debido a la falla. La dinámica en este sector, se caracteriza por el marcado predominio de avance frontal, con fuerte poder destructivo.

Aguas abajo el curso describe un típico meandro encajado (tipo horquilla), en parte, controlado por la estructura con desarrollo de planos aluviales exclusivamente sobre la margen izquierda, recostándose la margen derecha, sobre rocas integrantes del basamento cristalino. Completando el cuadro geomorfológico, en la curva externa del meandro desagua el Arroyo Los Molles netamente controlado por la falla de rumbo NO-SE.

Los planos aluviales restringidos a la curva interna del meandro (margen izquierda), se presentan aterrazados según los dos niveles principales, con subniveles bien definidos en el caso del inferior y con un paleocauce que obedece a un estadio anterior del curso, que se localiza en el nivel superior.

Tales particularidades geomorfológicas de este sector, conjuntamente con el hecho de que la cuenca de aporte aquí alcanza su mayor desarrollo y potencial hidrológico, determinan la situación de amenaza más severa de la población.

La dinámica de las inundaciones se caracteriza por la activación total del nivel inferior de terraza que actúa como lecho de inundación periódico ante la ocurrencia de crecientes ordinarias. A su vez el nivel superior actúa en forma total, como lecho episódico, ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias, siendo este caso, el único lugar en donde dicho nivel, pierde la condición de estabilidad.

Los meandros encajados cerrados como el que describe el curso del arroyo en este tramo, de por sí debido a la tendencia evolutiva a que se ajustan estas geoformas, presentan la particularidad de sufrir desbordes y estrangulamientos ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias, la que en este caso en particular se ve aún mas favorecida por la posición geomorfológica que ocupa el arroyo Los Molles en su desembocadura.

El análisis de las fotografías aéreas indica con claridad la activación total del nivel inferior de terrazas ante la ocurrencia de crecientes ordinarias y a diferencia de los casos antecedentes, también en forma casi total el nivel superior de terrazas, ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias. La dinámica se caracteriza por avance frontal destructivo en el nivel inferior de terrazas en crecientes ordinarias y en el nivel superior, por desbordes del meandro y el trazo del paleocauce frente a la ocurrencia de un evento extraordinario.

Situaciones de Riesgo

Entre la desembocadura del Arroyo La Toma y el sector en donde el curso

comienza a describir el meandro, el principal riesgo se circunscribe a la margen derecha en la zona de la pileta municipal y en el vado sobre la Av. Julio A. Roca, en donde se localizan construcciones a ambos márgenes, ocupando el nivel inferior de terraza inundable.

Además, cabe hacer una referencia al puente sobre la Avenida Ojo de Agua, que no cuenta con capacidad suficiente para evacuar las crecientes extraordinarias, generando una situación de almacenamiento hacia aguas arriba. Las pantallas que dividen los vanos del puente y actúan como elementos soportes del mismo, facilitan que elementos arbóreos obstruyan el paso de las aguas, pudiendo mediante su acumulación actuar como un dique de almacenamiento; ello podría traer cierto riesgo a la propia estabilidad del puente y generar una onda frontal destructiva hacia aguas abajo.

Aguas abajo en el lóbulo del meandro, se presenta la situación de amenaza y riesgo más severa de la población. La infraestructura edilícea, se localiza en el nivel inferior de terrazas que es inundable en su totalidad ante crecientes ordinarias y expuesto a un fuerte poder destructivo ante crecientes extraordinarias, por comprenderse este sector en la zona de desborde del meandro. A ello se suman recientes construcciones en el nivel superior de terraza coincidentes con el trazo del paleocauce, donde son inequívocos los patrones que indican actividad hídrica severa frente a crecientes de magnitud.

Tal dinámica evidente en el análisis fotogeomorfológico, se corrobora con la ocurrencia de crecientes anuales de importancia y la creciente extraordinaria ocurrida en el año 1992, la que por razones expuestas anteriormente, puede aún, alcanzar mayor magnitud.

Es de vital importancia tener en cuenta, que en las crecientes extraordinarias que tuvieron lugar en cuencas serranas de la provincia en los últimos años, los meandros encajados con características similares al descrito, sufrieron el estrangulamiento y desborde, lo que puede corroborarse mediante el análisis de fotografías aéreas. Tal es el caso de San Carlos Minas y Mina Clavero, en donde a lo largo de los cursos se da con frecuencia esta situación.

9. - HIDROLOGÍA

El 4 de Diciembre del año 1992 la ocurrencia de una tormenta convectiva de magnitud en la cuenca hídrica que comprende la Ciudad de Villa General Belgrano, generó una creciente repentina de magnitud que ocasionó cuantiosos daños materiales y la pérdida de vidas humanas.

El carácter episódico de esta creciente, se corrobora desde el punto de vista

geomorfológico mediante un análisis temporal de las trazas hidrogeomorfológicas de las fotografías aéreas del año 1970 y 1995, mas el recorrido de campo y la información recabada a los pobladores orientada a obtener información sobre el alcance de la inundación.

Recopilación de datos

Bajo el aspecto Hidrológico se realizó el estudio de los caudales mediante la organización de un modelo de simulación para un área de aporte de 5158 Hectáreas. El modelo fue calibrado para la creciente extraordinaria del 4 de diciembre de 1992, permitiendo caracterizar y simular el comportamiento del evento

No existiendo datos de la cantidad e intensidad de la lluvia de dicha creciente, se efectuó una intensa tarea de búsqueda, recabando información a vecinos, tanto en el área urbana como en la zona rural. Se pudo detectar, en este sentido, una gran escasez de información de lluvia. Al respecto, no se detectaron pluviógrafos que hubieran posibilitado medir la intensidad de la tormenta, indispensable para este tipo de estudio, encontrándose solo mediciones de lluvias diarias con pluviómetros de plástico no convencionales. Las observaciones realizadas a través de estos equipos, y la información brindada por vecinos de la zona, permitió establecer que el valor más confiable de la precipitación acaecida en dicha oportunidad fue de 94 mm en aproximadamente 40 minutos. Dicho valor fue observado en un campo localizado en el camino que une El Crucero en la Ruta 5 con el cruce del camino a Los Reartes, lo que fue corroborado por mediciones efectuadas en la cuenca media, en el camino a Los Reartes, a la altura de Villa Los Molles.

Testimonios de pobladores indicaban asimismo que la mayor intensidad de la tormenta estuvo localizada en el sector norte de la cuenca, en lo que corresponde a las nacientes de los arroyos de El Molle, La Toma, parcialmente en el A. Barranca de los Loros y en el desagüe temporario del plano-cóncavo de la altiplanicie fuertemente ondulada ubicada entre los Arroyos La Toma y Barranca de Los Loros; de la misma forma se determinó que la precipitación en la vertiente occidental de las Sierras Chicas alcanzó un valor cercano a los 54 mm en 40 minutos.

La recurrencia de la tormenta resulta de difícil determinación por la carencia de pluviógrafos en la zona. No obstante, si adoptamos los registros históricos de Santa Rosa de Calamuchita, ubicada a 10 Km hacia el Sud, se podría calcular una aproximación en base a la precipitación media de la cuenca. Esta precipitación media resulta de 73.21 mm que corresponde a una intensidad media

de 109.8 mm/hora. En ese caso, la tormenta en base a curvas de Intensidad, Duración, Frecuencia, determinadas sintéticamente, tendría una recurrencia de 30 años, que representa una probabilidad del 3.30 % que dicha lluvia sea igualada o superada en cualquier año.

Respecto a los niveles observados en los arroyos, se contó con el importante apoyo del Cuerpo de Bomberos quienes indicaron los siguientes valores:

Arroyo El Sauce y puente en Avda Las Magnolias.....	3.40 m
Arroyo La Toma y puente en Avda Las Magnolias..	2.90 m
Arroyo El Sauce y puente en Ojo de Agua.....	4.90 m
Arroyo El Sauce y vado Avda Mitre.....	2.70 m

Los valores de niveles se toman desde el fondo del cauce de los arroyos.

Por otra parte, se determinaron secciones transversales (Ver Perfiles I a III) en el arroyo El Sauce a la altura de la calle Las Higueras y de la calle 25 de mayo, y sobre el arroyo La Toma a la altura de la calle Bernardino Rivadavia, cuyos niveles informado por los vecinos fueron los siguientes:

Arroyo El Sauce

Calle Las Higueras.....	3.67 m
Calle 25 de Mayo.....	3.70 m

Arroyo La Toma

Calle B. Rivadavia.....2.10 m y 1.45 m en cauce principal y afluente respectivamente.

Simulación de la Tormenta del 04-12-92

Se preparó un modelo de transformación lluvia-caudal a efectos de representar la crecida del 4-12-92. Dicho modelo fue alimentado con los datos de precipitación estimados para dicha tormenta y calibrado con los datos de niveles reales observados en dicha oportunidad.

De acuerdo a los datos recabados, la lluvia utilizada es de 94 mm en las áreas de aporte ubicadas en la zona norte, y 54 mm en el área montañosa situada al Este.

Los valores de caudales, alturas y velocidades del flujo de la creciente, fueron simulados por modelo para los diferentes tramos considerados en cada uno de los arroyos. Los resultados del modelo se muestran en el plano de Resultados de Crecidas Simuladas (Situación A).

Se puede observar que las diferencias entre los valores reales indicados anteriormente y los valores simulados por el modelo, son mínimas, lo que indica una calibración aceptable del modelo.

Sin embargo, esta calibración debe considerarse como de tipo preliminar, ya que no se contaba con información de intensidad de la lluvia, ni con la cantidad de perfiles transversales y longitudinales que hubiese requerido. Además, los objetivos del presente trabajo no justificaban un análisis de mayor profundidad, ya que no estaba previsto determinar líneas de ribera o planificar la ocupación territorial con líneas de inundación en base a recurrencias. La pendiente longitudinal utilizada en el estudio fue obtenida de la cartografía disponible en escala 1: 4000.-

Explotación del modelo

A efectos de analizar el comportamiento del sistema se realizaron simulaciones de crecidas para las siguientes posibilidades de lluvias:

- a) Lluvia de 94 mm/40' en las cuencas situadas en la parte Norte y lluvia de 54 mm/40' en las cuencas montañosas de la vertiente Oeste de las Sierras Chicas (Tormenta año 1992)
- b) Lluvia de 94 mm/40' en el área de montaña de la vertiente de las Sierras Chicas y 54 mm en la parte Norte. (Situación B)
- c) Lluvia de 61 mm/40' equivalente a 91.5 mm/h, uniforme en todas las áreas de aporte (Situación C)

Los resultados alcanzados se observan en el plano de Resultados de Crecidas Simuladas.

De los casos simulados, la Situación B es la que se presenta como más severa, por el importante caudal generado y el crítico valor que alcanzarían los niveles.

En el caso C, con una lluvia de 61 mm/40', se tiene una probabilidad aproximada a 6.7 % de que una tormenta igual o mayor ocurra en cualquier año.

A efectos de realizar una comparación cualitativa, puede señalarse que una tormenta de 94mm/40' en la cuenca del Arroyo El Sauce (área montañosa), generaría una crecida con un caudal pico de 207 m³/s a la altura del puente de Las Magnolias, contra 118 m³/s ocurrida en 1992. Debe aclararse que el valor de 207 m³/s no considera los desbordes que podrían producirse en el traslado, por lo que el caudal pico sería algo menor.

Puede deducirse, de conformidad a los resultados obtenidos, que las situaciones de mayor riesgo son las generadas por lluvias intensas en la cuenca montañosa de El Sauce, aún cuando en las demás subcuencas no se registre precipitación alguna.

10.- CRITERIO UTILIZADO PARA LA CONFECCION DE LA CARTA DE AMENAZA POR CRECIENTES REPENTINAS

Los criterios utilizados para la confección de la carta de amenaza por crecientes repentinas en cumplimiento de los objetivos planteados, fueron dirigidos a cumplimentar la etapa de mitigación de la amenaza, con énfasis en la predicción y alerta de la ocurrencia de crecientes extraordinarias, como las que en los últimos años afectaron a importantes centros turísticos de la región serrana de Córdoba, causando importantes pérdidas de vidas humanas y económicas.

Con base en el fotoanálisis geológico y geomorfológico que permitió el reconocimiento, definición y actividad hídrica de las distintas unidades y elementos hidrogeomorfológicos, se procedió a definir las áreas inundables ante la ocurrencia de crecientes ordinarias y las áreas con alta probabilidad de inundación ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias, en AREAS ESTABLES y AREAS INESTABLES.

a) AREAS ESTABLES

Las áreas estables constituyen aquellos terrenos no inundables por la acción de los colectores fluviales principales. Estas se dividen en cinco clases indicadas en la carta de amenaza, tomando como base las particularidades geológicas y geomorfológicas

b) AREAS INESTABLES

Las áreas inestables corresponden a los terrenos que están bajo amenaza por crecientes repentinas. Estas de acuerdo a las características hidrogeomorfológicas

que gobiernan la dinámica y alcance de las inundaciones, se subdividen en:

Áreas inundables ante la ocurrencia de crecientes ordinarias

Comprende esta categoría los terrenos que incluyen el lecho ordinario del río definido por orillas claras y el lecho de inundación periódico que comprende parte del nivel inferior de terrazas fluviales.

Esta asociación de geoformas hidrogeomorfológicas constituye por su frecuente actividad hídrica, la zona de máxima amenaza ante la ocurrencia de crecientes, indicada en la carta con color violeta.

Áreas inundables ante la ocurrencia de crecientes extraordinarias

Comprende esta categoría los terrenos que incluyen el lecho de inundación episódico, conformado en este caso por la totalidad del nivel inferior de terrazas fluviales. Patrones fotogeológicos y fotogeomorfológicos indican la actividad por inundaciones repentinas de alta recurrencia, lo que se corrobora con datos históricos recabados. (crecientes extraordinarias de los años 1918, 1954 y 1992)

Esta zona constituye un área de menor amenaza dado el largo período de recurrencia de los eventos. En esta zona la concientización de la población conjuntamente con la implementación de planes de alerta temprana y evacuación, constituyen las medidas de menor costo y más efectivas de mitigación.

11. - ALCANCE DE LOS RESULTADOS

Como resultado en esta etapa del estudio, se obtiene cartografía a nivel de semidetalle (escala 1:20.000) de carácter geocientífico, indicativa de la extensión y definición del sistema hidrológico del Arroyo El Sauce a nivel de cuencas y subcuencas, así como de las particularidades geológicas y geomorfológicas y datos de la vegetación natural y uso del suelo.

La información además de cubrir las necesidades para la mitigación de la amenaza de crecientes repentinas, constituye información de base de utilidad para los planes de ordenación territorial, cubriendo la información faltante en ese sentido.

En lo referente a la mitigación de las crecientes repentinas en la zona de la población y su entorno, la zonificación realizada, complementada con sistemas de alerta temprana, cubre la etapa de prevención.

Ello constituye una herramienta de utilidad para los organismos encargados

de la Defensa Civil, en base a que:

- Suministra información que involucra la seguridad de vidas de vecinos y turistas
- Define con claridad y precisión áreas inundables con los diferentes grado de amenaza hidrológica.
- Brinda información de partida para las restricciones básicas de uso.
- Posibilita los planes de evacuación.

12. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Del estudio realizado se desprende que:

- La cuenca hídrica en la que se incluye la zona urbana y periurbana de la Ciudad de Villa General Belgrano, tiene por sus condiciones naturales una alta tendencia a la generación de crecientes repentinas de magnitud, en respuesta a las características del medio físico y las condiciones climáticas que involucran la generación de células convectivas severas.
- La magnitud de las crecidas se ve incrementada por la alteración de la vegetación natural por incendios no controlados o su eliminación completa para el uso agrícola, a lo que se le suma el manejo sin prácticas de conservación, de algunas zonas rurales que desaguan hacia el cono urbano.
- La actual localización de algunas infraestructuras edilicias sobre los arroyos principales de la red de drenaje, determina frente a esta situación, un importante grado de riesgo ante la ocurrencia de crecientes ordinarias y periódicas, y en particular, ante la ocurrencia de crecientes episódicas de magnitud. Sectores urbanos ocupan la posición geomorfológica del nivel inferior de terrazas inundables, que actúan como lechos de inundación periódico y episódico.
- Como situaciones más críticas, en cuanto a la magnitud y poder destructivo que pueden adoptar las crecientes repentinas, se destaca el desborde del meandro que describe el Arroyo El Sauce en la confluencia con el Arroyo Los Molles, los sectores edilicios aledaños al Barrio al vado de la Av. El Mirador y los sectores próximos al Arroyo El Sauce en el cruce de la ruta Provincial. N° 5. Tanto los patrones y trazas hidrogeomorfológicas detectadas en las fotografías aéreas, como los datos históricos, indican y corroboran estas situaciones.

- La magnitud y alcance que tuvo la creciente del verano de 1992, debe considerarse un preaviso. Esta, asociada al desarrollo de una célula convectiva severa, adquirió carácter de extraordinaria, pero no obstante en el tramo fluvial principal que atraviesa la zona urbana, su magnitud no alcanzó a cubrir la total extensión de lo que geomorfológicamente corresponde al lecho de inundación episódico.
- Tal situación tiene alta probabilidad de ocurrencia de producirse precipitaciones intensas como la sucedida en 1992, en la cuenca del Arroyo el Sauce (tramo 1) y nacientes del A. Barranca de Los Loros, en donde las particularidades del medio físico favorecen la generación de inundaciones repentinas y picos de crecida significativos. Esto se comprueba a partir de la evaluación geomorfológica e hidrológica realizada.
- Los lechos de inundación de los principales colectores fluviales en las áreas urbanas, están actualmente ocupados por vegetación arbórea y arbustiva alóctona, lo que produce la obstrucción de la escorrentía y el levantamiento del pelo de agua, incrementando la amenaza natural.
- Lo mismo acontece con los puentes y vados, que no presentan la capacidad de evacuación necesaria, acorde a los caudales que pueden generarse ante la ocurrencia de crecientes de magnitud.
- En algunos sectores, el curso del Arroyo El Sauce evidencia un incremento en los procesos de sedimentación, que derivan de la intensa erosión de las áreas rurales comprendidas entre el Crucero y el camino a Athos Pampa, en lo que geomorfológicamente corresponde a la Altiplanicie, lo que disminuye la capacidad de conducción de los cauces.

Ante estos antecedentes deben implementarse planes de mitigación, que consideren medidas tales como:








- Implementación a corto plazo de planes de alerta hidrológica según dos niveles: un nivel de alerta regional que brinde información del desarrollo de tormentas severas en cuencas vecinas, dada la rápida respuesta a las crecientes que presenta el sistema hidrológico de la cuenca, y un nivel de alerta local, que brinde información a cerca de la intensidad de las lluvias en las áreas de aporte y la magnitud y tiempo de llegada de los picos de crecida. Tal información conjuntamente con la plasmada en la carta de riesgo, permitirá cumplimentar en forma sistemática la evacuación de las áreas de riesgo, en particular ante la ocurrencia de eventos extremos.

- Realizar estudios que posibilite la eliminación selectiva y limpieza de vegetación alóctona en los cauces de acuerdo al riesgo que signifiquen
- Dragado de los sectores en donde los procesos de aluvionamiento son más severos, para restablecer la capacidad de conducción natural.
- Implementar medidas de conservación en los sectores bajo uso agrícola y en los sectores montañosos que ofician de cuencas de recepción, orientadas en este caso a la progresiva restauración de la vegetación natural mediante la prevención y control de incendios.
- Resulta necesario la instalación en la región de dos pluviógrafos, a efectos de contar con registros de la intensidad de la lluvia, de gran utilidad para diversos cálculos hidráulicos (puentes, alcantarillas, desagües, determinación de líneas de ribera, etc.)
- De estar el municipio en conformidad con la información contenida en el presente estudio, sería conveniente implementar la etapa de consientización de la población , mediante la adecuada difusión de la información , lo que facilitaría en gran medida las acciones de prevención.












CARTA GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

Cuenca Ao. Los Sauces

REFERENCIAS GEOLOGÍA

-  Aluviones recientes (Holoceno).
-  Material fluvioaluvial de paleo montes (Pleistoceno).
-  Cubierta limpi-lavática (Pliocenozoico).
-  Basamento cristalino (Precámbrico).
-  Falla con indicación de bloque hundido.
-  Falla evidente.
-  Falla probable.

GEOMORFOLOGÍA

-  SIERRAS CHICAS VERTIENTE OCCIDENTAL ABRURTA
-  Vertientes de rocas cristalinas. Pendiente fuerte.
-  DEPRESIÓN ESTRUCTURAL VALLE DE CTALAMUCHITA
-  Piedemonte.
-  Relieve de lomas.
-  Valles transversales secundarios de fondo plano-chicaco.
-  Planos aluviales - Valles principales.
-  CUMBRES DE ACHALA VERTIENTE OCCIDENTAL ESCALONADA
-  Altiplanicie lavática anublada.
-  Vertientes de rocas cristalinas accidentadas.
-  Vallecitos plano-cóncavos.

CIRSA

CENTRO DE LA REGION SEMIÁRIDA

Ambrosio Olima 146 - Luján Córdoba
Tel: 051-4622-91 FAX: 051-462782

Geólogo Osvaldo Barbeito
Técnico Silvio Ambrosino

