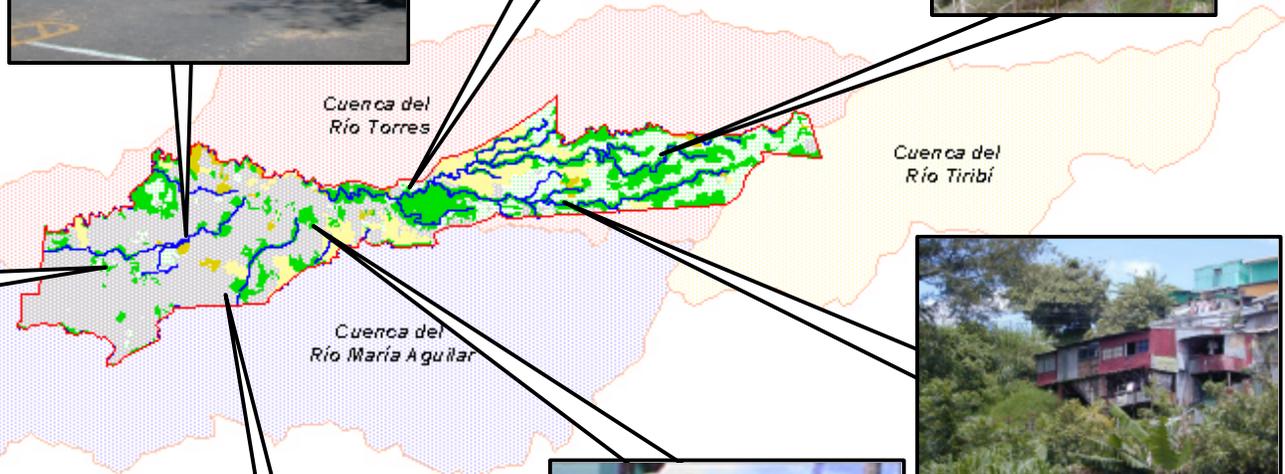
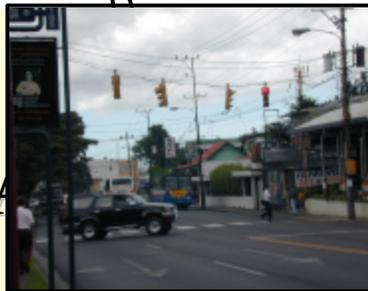


Riesgos y Amenazas Diagnóstico



PLAN REGULADOR MONTES DE OCA



Elaborado por:

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible

Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica

Abril, 2001





DIAGNÓSTICO RIESGOS Y AMENAZAS

ÍNDICE

Sección I

Amenazas Naturales

Sección II

Inundaciones

Sección III

Hidrantes

Elaborado por: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

Para: Municipalidad de Montes de Oca

Dirección y Coordinación: Dr. Rosendo Pujol Mesalles
Lic. Luis Ml. Zamora González

Equipo de trabajo: Ing. Gustavo Porras Murillo
Ing. José Antonio Campos Salas
Nidia Cruz Zúñiga
Ing. Cristian Mata Quesada
Arturo Chaves Garro

SECCIÓN I

AMENAZAS NATURALES

Diagnóstico de amenazas naturales en el cantón de Montes de Oca

Introducción

Si bien los deslizamientos e inundaciones son fenómenos asociados a procesos naturales, también están ligados al uso inadecuado del suelo por parte de la sociedad y a las malas prácticas constructivas, pues no es hasta que se deterioran notoriamente las condiciones urbanas y se inicia la invasión de zonas en alto riesgo de amenaza natural cuando el problema adquiere dimensiones alarmantes.

Es claro que la expansión urbana en gran parte del Valle Central se llevó a cabo sin considerar las amenazas significativas de procesos de inestabilidad de laderas en pendientes altas, intensificados también por la construcción de viviendas en laderas donde inclusive se cortan taludes verticales y una vez iniciada la época de lluvias empiezan los problemas de inestabilidad.

También la falta de planificación y regulación en la expansión urbana, promueve los casos en que se localizaron viviendas en zonas propensas a inundaciones, e inclusive sobre las planicies de inundación de ríos y/o quebradas, o en las propias márgenes de estos. Por lo tanto, se incide en una disminución de la capacidad hidráulica del cauce con las consecuencias de daños a estas viviendas y a otros asentamientos a lo largo del cauce del curso de agua.

A continuación se hará una descripción de los problemas encontrados en las visitas a campo en las sitios de interés, con el fin de tener una perspectiva de la problemática por amenazas naturales para cada una de estas zonas. Sin embargo existen algunos problemas que claramente responden no a una amenaza natural sino a problemas serios en los diseños de los sistemas de alcantarillado pluvial.

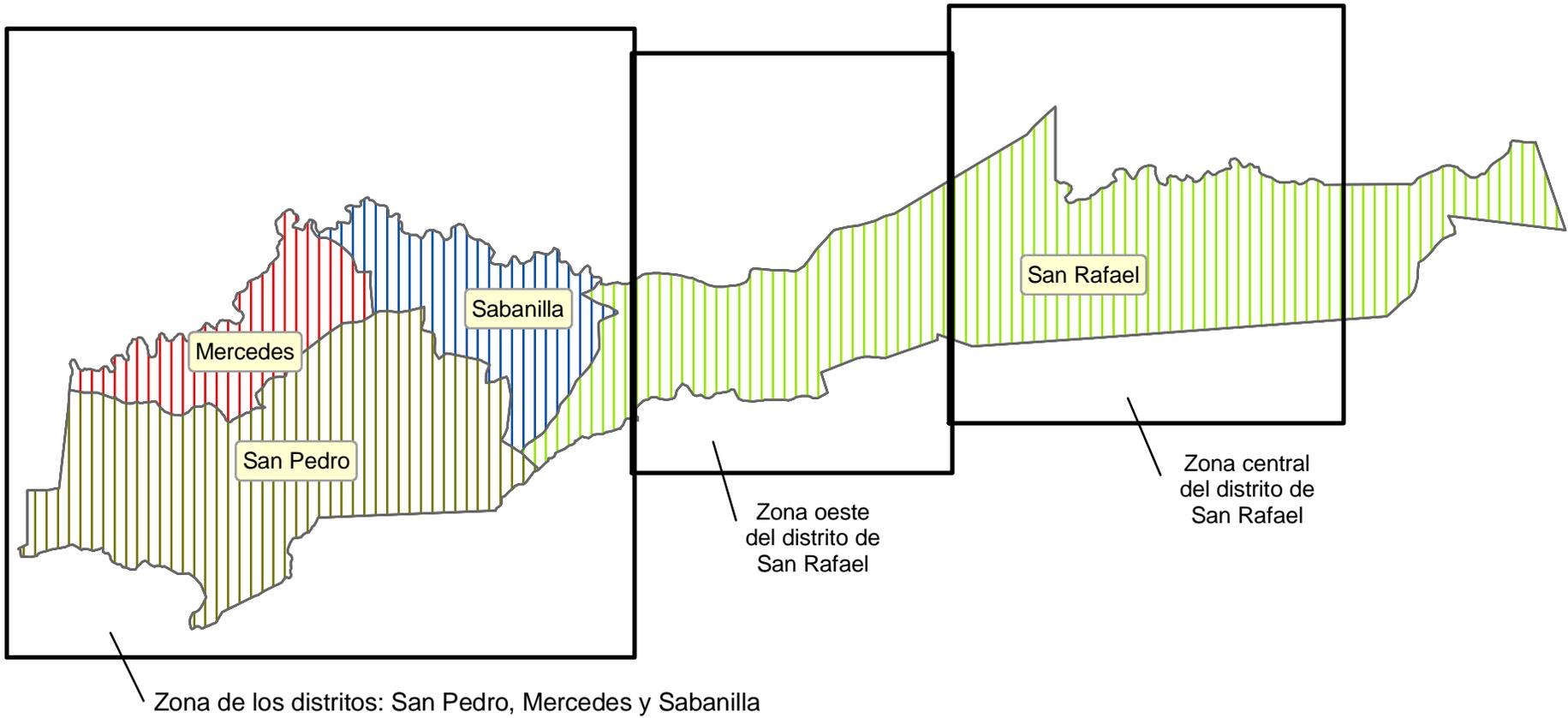
Cabe aclarar, que las recomendaciones que se darán, son el resultado de un diagnóstico general de la problemática en cada zona, y se enfocan en la mitigación de los problemas particulares por medio de técnicas económica y efectivamente factibles para estos lugares. Sin embargo, no se incluye un análisis de costos preliminares para las obras de mitigación, que implicaría la reubicación de viviendas, la canalización de aguas, la reforestación y las técnicas ingenieriles de estabilización de laderas o control de inundaciones sugeridas. Lo anterior, debido principalmente a la limitación en cuanto al dato preciso del actual número de viviendas en riesgo por cada uno de los sectores.

Para el análisis correspondiente se hará una división por sectores, específicamente estos sitios en el Cantón de Montes de Oca que han presentado problemas por inundaciones, asentamientos o deslizamientos son:

- Barrio Dent en San Pedro (530470 Longitud Oeste y 213400 Latitud Norte)¹. Problemas por inundaciones.
- Urbanización Vázquez Dent en Los Yoses, San Pedro (530000 Longitud Oeste y 212400 Latitud Norte). Se reportan problemas por inundaciones.
- Urbanización Gacel en San Pedro (532060 Longitud Oeste y 213475 Latitud Norte). Existen problemas por inestabilidad de márgenes.
- Urbanización Emmanuel en Sabanilla (531650 Longitud Oeste y 214750 Latitud Norte). Se reporta un posible deslizamiento en relleno.
- Urbanización El Rodeo en Sabanilla (532465 Longitud Oeste y 214737 Latitud Norte). Problemas por inestabilidad de laderas.
- Urbanización Alma Mater en Sabanilla (532185 Longitud Oeste y 214278 Latitud Norte). Existe inestabilidad de márgenes.
- Precario Calle Mora en Sabanilla (532621 Longitud Oeste y 214783 Latitud Norte). Existen evidencias de deslizamientos.
- Urbanización La Marsella en Cedros (532725 Longitud Oeste y 213336 Latitud Norte). Se reporta inestabilidad de laderas.
- Urbanización Europa en San Rafael (534540 Longitud Oeste y 213573 Latitud Norte). Problemas por inestabilidad de márgenes.
- Barrio Sinaí en San Rafael. (534322 Longitud Oeste y 213672 Latitud Norte). Existen problemas por inestabilidad de laderas.
- Salitrillos en San Rafael (535379 Longitud Oeste y 214494 Latitud Norte). Problemas por posibles inundaciones e inestabilidad en márgenes.
- Urbanización Rosemary Karpinsky (535868 Longitud Oeste y 214384 Latitud Norte). Problemas por posible inestabilidad de laderas.
- Urbanización Las Mansiones en San Rafael (536353 Longitud Oeste y 214321 Latitud Norte). Existen problemas por deslizamientos y asentamientos de suelos.
- Urbanización Calle Díaz en San Rafael (536734 Longitud Oeste y 214058 Latitud Norte). Problemas por inestabilidad de laderas.
- Club Campestre La Campiña en San Rafael (536948 Longitud Oeste y 214702 Latitud Norte). Existen evidencias de deslizamiento.
- Terrenos en Finca Monte Rosa y Finca Terrazas, San Rafael (537950 Longitud Oeste y 214180 Latitud Norte). Posible inestabilidad de laderas.

¹ Coordenadas geográficas en Lambert Norte.

Figura 1. Ubicación de zonas general de las zonas de riesgo



DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Sector Dent y Los Yoses

En los alrededores de Barrio Dent, San Pedro de Montes de Oca se realizó una canalización de aguas de la Quebrada Los Negritos hacia el Río Torres, esto obedeció a los constantes problemas por inundación en períodos de la época lluviosa en dicho sector. Tal canal transvasa las aguas de la quebrada al Río Torres al costado este del Liceo Anastasio Alfaro. Instalaciones de este colegio, como el Gimnasio y la cancha de baloncesto, se están viendo afectadas porque el Río Torres está socavando y erosionando las laderas del lado de estas instalaciones, como puede observarse en la Fotografía 1, de la Fig. 2. Esto se vio influenciado aún más por el efecto combinado de



la morfología del río, sinuosa en esta zona, y la construcción de muros de gaviones en la margen del cantón de Goicoechea, por lo cual el río incrementa su erosión de la margen desprotegida, la cual pertenece al cantón de Montes de Oca.

Fotografía 1. Ladera inestabilizada por el Río Torres, cancha de baloncesto del Liceo Anastasio Alfaro.

Mientras que en el sector de Urbanización Vázquez Dent, existe un problema de evacuación de aguas desde hace varios años, que recientemente se ha agravado. Se trata de un colector de aguas de un sector del barrio, este se encuentra obstruido por el cambio de curso del Río Ocloro en el cual descarga las aguas recolectadas.



Fotografía 2. Salida de alcantarilla Urbanización Vázquez Dent.

Con anterioridad se han presentado inundaciones en el barrio, afectando directamente a las casas más cercanas. Sin embargo, el río ante eventos extremos amenaza salirse de su curso y afectar a otros edificios aledaños y a la calle, al existir un fuerte socavamiento de la margen derecha del área en mención. Además, las descargas de las aguas pluviales de una parte del sector noreste en el área

afectada, ha provocado que en períodos de fuertes precipitaciones parte de esta agua se desborde a lo largo de la carretera y patios de varias viviendas.

Entre las medidas recomendadas a la Municipalidad de Montes de Oca cuando ejecutaron las obras se encontraban:

- Continuar el alcantarillado por parte de la Municipalidad.
- Realizar un muro de gaviones para proteger la integridad de la carretera y la de las propiedades cercanas.

Estas medidas fueron adoptadas, tal y como se constató en la visita a campo realizada (Fotografía 2). Sin embargo, este caso presenta la particularidad de que es una zona altamente urbanizada e impermeabilizada, por lo cual aún podrían existir problemas de incapacidad de los sistemas de conducción de aguas pluviales.

Sector Carmiol

El sector de Monterrey en la urbanización Gacel se ubica en la margen izquierda de la Quebrada Los Negritos. En este sitio en setiembre de 1996, los patios de 2 viviendas se vieron afectados por el deslizamiento de un relleno. Actualmente este se contuvo por medio de un muro de gaviones como se puede observar en la Fotografía 3, de la Fig. 2.



Fotografía 3. Muro de gaviones en relleno de Urbanización Gacel.

Cabe destacar, que al ser esta zona limítrofe con la quebrada y haber sido constituida por un relleno, en su gran mayoría de escombros, la incidencia del deslizamiento se vio facilitado. Pues la existencia de este tipo de rellenos no consolidados, aunado a la presencia de cortes, erosión constante y la falta de drenajes apropiados, facilitó el debilitamiento continuo del suelo, donde los patios traseros se deslizaron casi en su totalidad.



Aunado a este hecho, en la margen izquierda la erosión se incrementó por efecto de que la corriente se ve impulsada hacia la margen desprotegida, por lo tanto algunas casas ya se encuentran al borde de la Quebrada Los Negritos, como se observa a la izquierda de la Fotografía 4, en la Fig. 2.

Fotografía 4. Viviendas en las márgenes de la Quebrada Los Negritos, a su paso por la Urbanización Gacel.

También en este sector de Carmiol, al lado izquierdo de la Quebrada Los Negritos, existe una depresión topográfica que concentra una cantidad importante de agua en su parte más baja. Aunado a esto el proceso urbanizador impide el recorrido normal del agua hacia la Quebrada Los Negritos, por el contrario tiende más bien a concentrarlo. Estas aguas pluviales son recolectadas y llevadas a la quebrada por medio de una sola alcantarilla con un tragante doble (Fotografía 5).

Cabe destacar, que la salida de esta alcantarilla se encuentra a un nivel muy bajo, cercano al nivel del cauce, debido propiamente a las condiciones topográficas del área, pues la quebrada se encuentra muy cerca del nivel de la calle, por lo tanto si a esto se

le une el hecho del posible desagüe insuficiente, entonces parece ser que esta combinación de las situaciones citadas con anterioridad, es la razón más probable para los problemas de inundaciones en este sector en específico.



Fotografía 5. Sector de Carmiol que sufre inundaciones por problemas de alcantarillado pluvial.

También se debe señalar que la evacuación se da justo en el punto donde el río presenta una curva. Esta zona presenta problemas de turbulencia por la alta velocidad que el flujo tiene en la parte exterior de la curva. Además ya la socavación es evidente y empieza a inducir

deslizamientos de sus márgenes, como se observa en la Fotografía 6.

Los habitantes del lugar dan fe de la ocurrencia de pequeñas inundaciones que supera el nivel de la calle en unos 50 cm. Este patrón o tipo de problema podría presentarse en zonas aledañas con características similares. Lo más recomendable para evitar estas situaciones podría ser tener varios puntos de desagüe del sistema de alcantarillado pluvial para sacar las aguas a la quebrada, considerando también que la calle en este sector se encuentra muy cercana al nivel de la quebrada.



Fotografía 6. Salida de alcantarilla en la margen izquierda de Quebrada Los Negritos, Carmiol.

Sector Sabanilla

Otro sitio con reporte de inestabilidad de masas de suelo, se encuentra cercano al límite distrital entre Mercedes y Sabanilla, frente a la Urbanización Emmanuel, la cual se encuentra en construcción. Este sitio corresponde al de la zona que se muestra en la Fotografía 7, entre la carretera y la margen izquierda del Río Torres.



Fotografía 7. Sitio con posible inestabilidad de masa de suelo, cercano a Urbanización Emmanuel.

Específicamente en la Fotografía 8, se observa el movimiento de tierras que se está



llevando a cabo en la entrada de la Urbanización Emmanuel, sitio muy cercano al correspondiente con reporte de inestabilidad de masa del suelo. Por lo tanto, si no se realiza el corte y relleno de suelo adecuadamente en este sitio, y no se toman las medidas compensatorias y mitigadoras de erosión e inestabilidad superficial, se podría estar incidiendo negativamente en la problemática que se reporta en esta zona.

Fotografía 8. Movimiento de tierras en las cercanías de Urbanización Emmanuel.

También en la Urbanización Alma Mater en Sabanilla, en la margen izquierda de la Quebrada Sabanilla se encuentra ubicada una vivienda, cuyo terreno ha sufrido erosión por parte de la Quebrada Sabanilla, en este sitio se observan las siguientes particularidades:

- El suelo posee una gran humedad y se encuentra poco consolidado, por lo cual presenta agrietamientos hacia la orilla de la quebrada.
- En la propiedad de la otra margen se construyó un muro el cual hace que el agua se desvíe hacia la margen izquierda y la erosione aún más. Por lo tanto, sería conveniente la construcción de otro muro en la otra margen para evitar que continúe el proceso de erosión, este muro debe contar con sus respectivos drenajes y una adecuada asesoría técnica.

- Escasa vegetación lo cual favorece el arrastre del suelo por efecto de la escorrentía superficial.
- No existe una debida canalización de las aguas pluviales en las partes de las casas que limitan con la quebrada.
- La quebrada evidencia mucha sedimentación, por lo cual no es muy profunda en este sitio. Entonces se puede plantear a la Municipalidad de Montes de Oca, la posibilidad de estudiar la conveniencia de un dragado superficial al menos en este sector.

Fotografía 9. Vivienda ubicada en ladera con inestabilidad, Urbanización El Rodeo.

En la Urbanización El Rodeo se ubican algunas viviendas en la margen izquierda del Río Torres, específicamente una de ellas se localiza en la parte externa de un meandro o curva natural del río, en un terreno con suelo de textura areno - limosa; producto de la alteración de las cenizas volcánicas y no tiene ningún tipo de cobertura vegetal. Esta casa, que se observa en la Fotografía 9, tiene cierto grado de agrietamiento en el piso y paredes del patio, el terreno detrás de la casa posee una pendiente fuerte y un desnivel de 20 m con el río, y una distancia con el mismo de aproximadamente 10 m.



Fotografía 10. Viviendas en Precario Calle Mora.



El problema que se presenta en la anterior vivienda es que el suelo se ha estado erosionando como consecuencia de la escorrentía superficial; sin embargo, la casa no ha sufrido daños estructurales pero de continuar este proceso a mediano plazo la casa se podría ver seriamente afectada. También se observó que no hay una correcta canalización de las aguas servidas y pluviales, ya que estas discurren pendiente abajo, por lo cual se agrava el problema. Por lo tanto, es muy importante canalizar correctamente estas

aguas, para que no caigan directamente sobre el terreno, además, puede ser necesario la construcción de terrazas en forma de contracuneta, con los respectivos drenajes y siembra de zacate y especies de raíz profunda para disminuir los efectos de la escorrentía superficial.

En cuanto a otro sitio de Sabanilla, con características socioeconómicas muy diferentes a las de los anteriores casos, como resulta ser el del Precario Calle Mora (Fotografías 9 y 10), conviene destacar las siguientes particularidades:

Fotografía 11. Calle Mora.



- Algunas casas están a la orilla de una pendiente vertical en la margen izquierda del Río Torres, algunas partes de esta ladera tienen una altura aproximada de 30 m con respecto al río y las casas están en la orilla, lo que podría traer consecuencias negativas a futuro ya que son casas que podrían estar en alto riesgo de colapso de producirse un deslizamiento en el talud (Fotografía 12, Fig. 2).

- Debido a la gran cantidad de vegetación sobre el talud no se pudo observar en general las condiciones de estabilidad del suelo. Pero en ciertos sectores se observan árboles que ya se habían caído producto de pequeños deslizamientos del suelo. Sin embargo, se considera necesario hacer un estudio de la estabilidad de la



- ladera para determinar el riesgo de las viviendas ubicadas al borde de la pendiente.
- En la parte más baja del precario hay 4 casas que tienen problemas de inundación y socavamiento, ya que están a una distancia menor de 5 m de la orilla del río y casi al mismo nivel que este, por lo tanto presentan un alto riesgo de sufrir inundaciones, además dadas las condiciones precarias de estas viviendas poseen una alta vulnerabilidad física.

Fotografía 12. Vivienda ubicada al borde de la ladera del Río Torres, Precario Calle Mora.



Fotografía 1. Ladera inestabilizada por el Río Torres, cancha de baloncesto del Liceo Anastacio Alfaro.



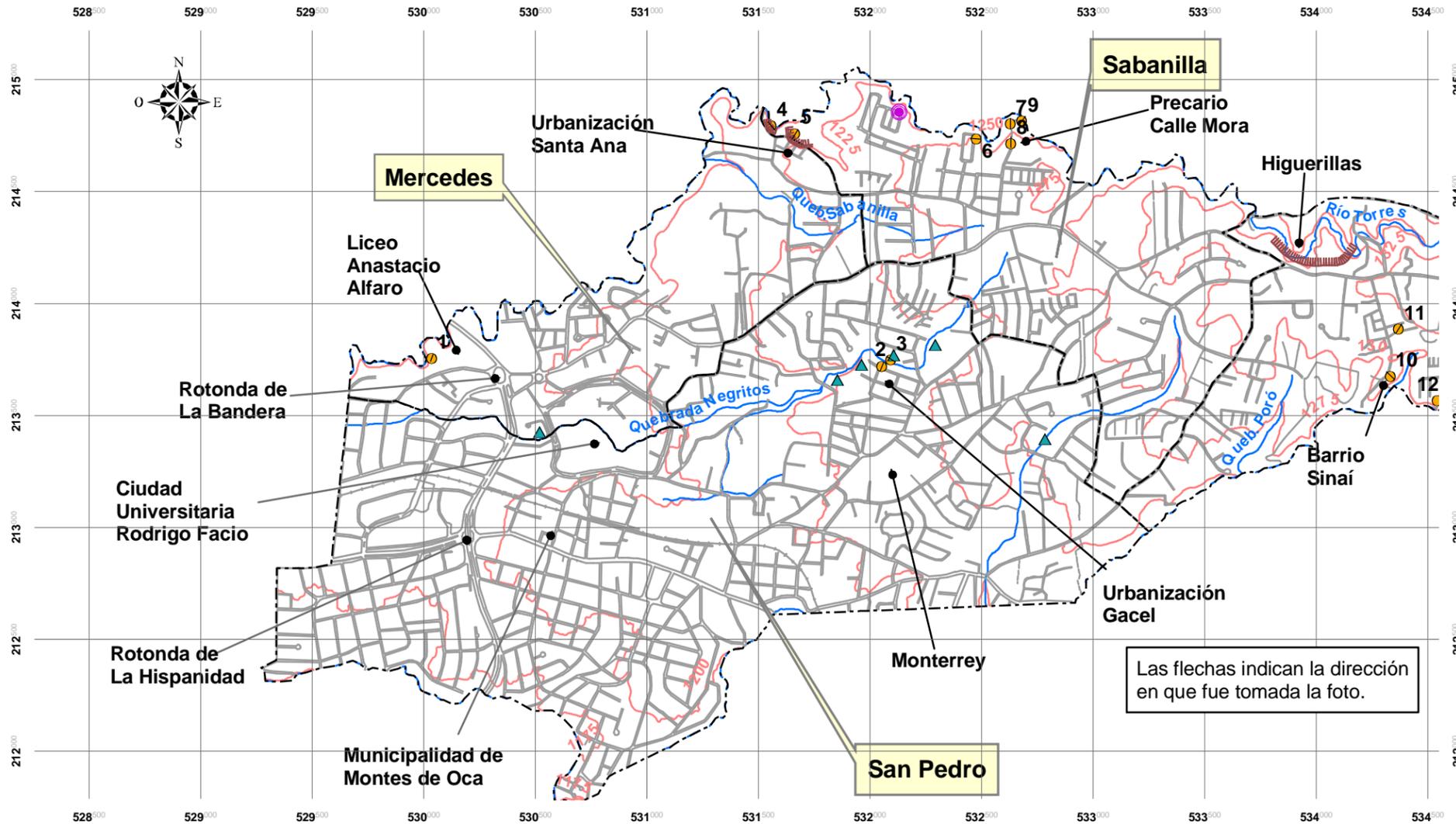
Fotografía 3. Muro de Gaviones en relleno de Urbanización Gacel en la margen de Quebrada Los Negritos.



Fotografía 4. Casas de Urbanización Gacel en la margen de la Quebrada Los Negritos



Fotografía 10. Viviendas en Precario Calle Mora.



Fotografía 12. Vivienda ubicada al margen del Río Torres en precario Calle Mora.

Simbología

- Sitios de inundación reportados por CNE.
- Deslizamientos reportados por la CNE
- Ubicación de fotos que representan sitios con posible amenaza
- Sitios con inestabilidad de laderas, según CNE
- Límites cantón y distritos
- Calles actualizadas
- Ríos
- Curvas @ 25 m

Las flechas indican la dirección en que fue tomada la foto.

Figura 2. Mapa de amenazas naturales en los distritos de San Pedro, Mercedes y Sabanilla



Sector Cedros

En la parte superior de la ladera del margen derecho de la Quebrada Cas, específicamente en la Urbanización Marsella, frente a la otra ladera donde se ubica el Residencial Tulín, se ha iniciado un proceso de inestabilidad de esta ladera, aparentemente producto de la acumulación de tierra y desechos de construcción en la margen del Residencial Tulín, esto produjo un estrangulamiento del cauce de la Quebrada Cas, por lo tanto la corriente de agua ha empezado a erosionar la margen derecha, contribuyendo así con la pérdida de soporte de esta ladera, y generando una serie de deslizamientos, sobre todo en este tramo al frente de la acumulación de material. Aunque el frente inestable de dicha ladera aún se encuentra alejado de las viviendas, es evidente que de no tomarse medidas, el proceso de inestabilidad va a continuar.

Sector Sinaí y Europa

El Barrio Sinaí es un precario en proceso de consolidación, como se puede observar en la Fotografía 13, Fig. 3, en general, gran cantidad de viviendas se ubican en laderas de alta pendiente y no poseen sistemas adecuados de evacuación de aguas pluviales y/o servidas, por lo cual se afecta directamente el proceso de erosión de muchas de estas laderas, pues las propias vías de acceso a algunas viviendas son de tierra y por ahí escurre el agua de lluvia principalmente.

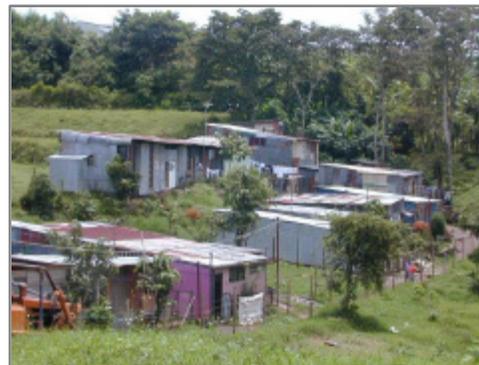


Fotografía 13. Viviendas en ladera, Barrio Sinaí.

Cabe destacar, que no son todas las viviendas las que se encuentran en laderas de alta pendiente, y por ende con alta vulnerabilidad ante deslizamientos, sino que a lo largo de la calle principal se ubican viviendas con adecuada construcción y sobre pendientes más planas, así mismo se notan algunas otras viviendas que se están asentando en zonas planas, como se puede observar en la Fotografía 14, Fig. 3.

Fotografía 14. Viviendas asentadas en los alrededores de Barrio Sinaí.

Mientras que en la Urbanización Europa, los lotes más cercanos a la Quebrada Poró se caracterizan por haberse constituido sobre rellenos mal contruidos. El comportamiento problemático de estos rellenos mal contruidos se ha puesto en evidencia principalmente cuando empiezan las lluvias o sismos generando asentamientos,



agrietamientos y deslizamientos, los cuales provocan daños a las construcciones al no existir previamente los estudios técnicos de suelos y/o estabilidad de taludes al momento de iniciar la obra.

Fotografía 15. Límite de la Urbanización Europa con la zona de protección de la Quebrada Poró.

También cabe destacar que el límite inferior de esta urbanización colinda con la Quebrada Poró (Fotografía 15), por lo cual es prioritario proteger el área aledaña de acuerdo a la Ley Forestal (N° 7575), Art. 33, Áreas de Protección, además de no descargar ningún tipo de escombros cerca al cauce, ni construir obras en esta área.



Además se debe señalar que las viviendas que se encuentran sobre estos rellenos, al ser muchas de condiciones precarias (Fotografía 15), descargan las aguas pluviales y servidas sobre el área inestable, lo cual incide sobre los problemas de inestabilidad.

Así mismo, se debe estar de acuerdo a lo estipulado en el Código Urbano, Capítulo III, Art. 3.7, Protección de Ríos, inciso III.3.7.1, donde se señala que en “urbanizaciones colindantes con ríos o quebradas, deberá dejarse una franja, donde no se construya, con un ancho mínimo de 10 m a cada lado del lecho máximo del correspondiente curso de agua”. Sin embargo, estas áreas se pueden utilizar como parque y zonas de juegos infantiles, siempre y cuando se garantice su estabilidad y seguridad.

Específicamente se considera que los lotes más cercanos al borde, los denominados J10, J11, J12, J15 y J16, pueden ser utilizados, siempre y cuando se garantice con un adecuado estudio de suelos la estabilidad del relleno².

Sector Salitrillos



Entre varias particularidades las viviendas de este sector se caracterizan por ubicarse muchas en laderas de alta pendiente, como se observa en la Fotografía 16, y otras en los márgenes de las quebradas y río que lo atraviesan. Además, muchas de estas viviendas presentan condiciones muy vulnerables ante amenazas naturales, las cuales se ven agravadas por el hacinamiento que se presenta en lotes muy pequeños prácticamente construidos en su totalidad, como se puede observar en la Fotografía 18.

Fotografía 16. Viviendas en ladera de alta pendiente, Salitrillos.

² Comisión Nacional de Emergencias, Informe Técnico Urbanización Europa, 1 de noviembre de 1999.

En la Fotografía 17, Fig. 3, se nota que ante el efecto de socavación que ejerce el río, hubo necesidad de proteger la margen derecha con un muro de gaviones, para evitar que la inestabilidad de esta ladera afectara a la vivienda ubicada sobre esta propiedad, la cual se encuentra contigua al puente de la carretera que conduce hacia Salitrillos.



Fotografía 17. Muro de gaviones en el Río Torres.



Fotografía 18. Casa a la orilla del Río Torres.

También, obsérvese que cerca de la carretera que conduce a Salitrillos se ubican casas exactamente sobre la margen plana del río (Fotografía 18), lo cual incide en un “estrangulamiento” del cauce aunado a la acumulación de basura que se observa en este sitio. La combinación de los anteriores aspectos con el hecho de ocupar zonas naturales de inundación del río, conllevan generalmente a un aumento de la amenaza natural ante desastres que poseen estas viviendas.



Con respecto a sitios con amenaza ante inundaciones en la cuenca media superior del Río Torres, se debe señalar que esta se ve incrementada por la construcción de viviendas en el propio margen del río, como se evidencia en la Fotografía 19. Este sitio corresponde a una casa en Salitrillos ubicada en la margen derecha de la Quebrada Patal, afluente del Río Torres. Nótese como se construyó el muro del patio prácticamente sobre el cauce de la quebrada, lo cual hace que esta vivienda sea muy propensa a sufrir socavación y en eventos extremos inundaciones.

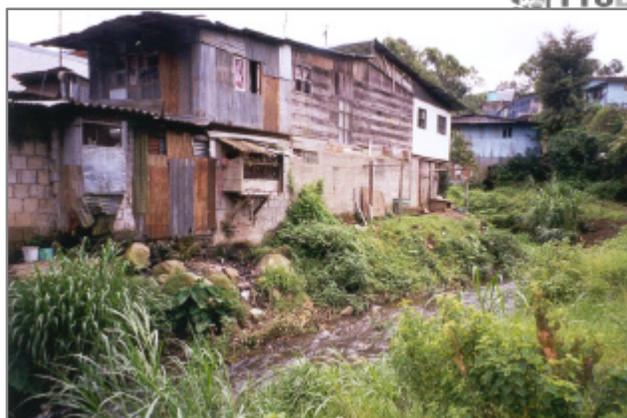
Fotografía 19. Vivienda a la orilla de la Quebrada Patal, Salitrillos.

La amenaza ante inundaciones es mayor aguas abajo del anterior sitio, cerca de la confluencia de la Quebrada Patal con el Río Torres, como se nota en la Fotografía 20, Fig. 3. Obsérvese que estas viviendas se han asentado sobre la planicie de inundación de la quebrada, por lo cual ante eventos extremos su nivel de amenaza ante

PLAN REGULADOR DE MONTES DE OCA

inundaciones es muy alto. También se debe recalcar el hecho de que la vulnerabilidad física de estas viviendas es muy alta, debido a sus condiciones constructivas.

Fotografía 20. Viviendas en Salitrillos, con alta amenaza ante inundaciones.



También en la margen derecha del Río Torres se localizan una serie de viviendas sobre una ladera de alta pendiente y sobre bases precarias, como se puede observar en la Fotografía 21. Nótese el nivel de hacinamiento en esta zona y la alta vulnerabilidad física de estas viviendas ante amenazas naturales como deslizamientos, sismos, etc.

Fotografía 21. Viviendas en Salitrillos, sobre ladera de alta pendiente al margen del Río Torres.

En gran parte de los casos, el grado de amenaza se incrementa por el factor antrópico de la construcción inadecuada de rellenos en laderas de alta pendiente, como se observa en la

Fotografía 22, Fig. 3. Esta corresponde a una casa en construcción en las cercanías de la Urbanización Rosemary Karpinsky, donde se lanzó tierra sobre esta ladera del Río Torres, sin ningún tipo de obra al pie de la misma para contener el material, ni una adecuada disposición de este. Además obsérvese que se utiliza también como basurero y que no existe una canalización de las aguas pluviales, por lo cual se empiezan a dar los efectos de erosión del agua pluvial, a los cuales se les pueden unir los correspondientes al vertido de aguas negras y servidas si no se llegaron a canalizar adecuadamente.



Fotografía 22. Casa sobre relleno, Urbanización Rosemary Karpinsky.

Sector Las Mansiones

Entre los problemas de inestabilidad de laderas conocidos por parte de personeros de la Municipalidad de Montes de Oca, se destacan los de la zona de Mansiones, principalmente aquellos que presentan deforestación para el pastoreo de ganado (Fotografía 23). Esta zona se caracteriza por una topografía muy quebrada, y por la ocupación de las zonas más planas entre estribaciones de muy fuertes pendientes.

Fotografía 23. Inestabilidad de laderas en las cercanías de Mansiones.



También en la zona de Mansiones se nota un desarrollo de viviendas de clase media, las cuales se han asentado sobre rellenos de material arcilloso, los cuales no fueron conformados ni compactados adecuadamente, inclusive se nota que existe material de desecho en los rellenos. Lo crítico en estos rellenos consiste en su inestabilidad en la parte posterior que da al cauce del Río Torres, como se puede notar en la Fotografía 24. Además que al no poseer una capa de lastre entre los cimientos y/o el contrapiso y el relleno de arcillas, se pueden presentar problemas por humedad, filtración y posible acción expansiva de las arcillas.



Fotografía 24. Parte posterior de relleno en los alrededores de Mansiones.

Fotografía 25. Cárcava formada en un relleno.

Con respecto a estos rellenos en Mansiones, se debe destacar el efecto erosivo de las aguas pluviales sobre la parte posterior de estos, como se observa en la

Fotografía 25, Fig. 3. En este punto el agua ha formado una cárcava, debido a la falta de canalización de las aguas pluviales que buscan naturalmente escurrir hacia el cauce del Río Torres. Precisamente en la terraza delante de



esta cárcava se tiene preparado el terreno para el asentamiento de una nueva construcción, por lo tanto se considera crítico el efecto amplificador del fenómeno tanto por la sobrecarga de la construcción, como por si se hace una mala canalización de las aguas.



Fotografía 13. Viviendas en ladera, Barrio Sinai.



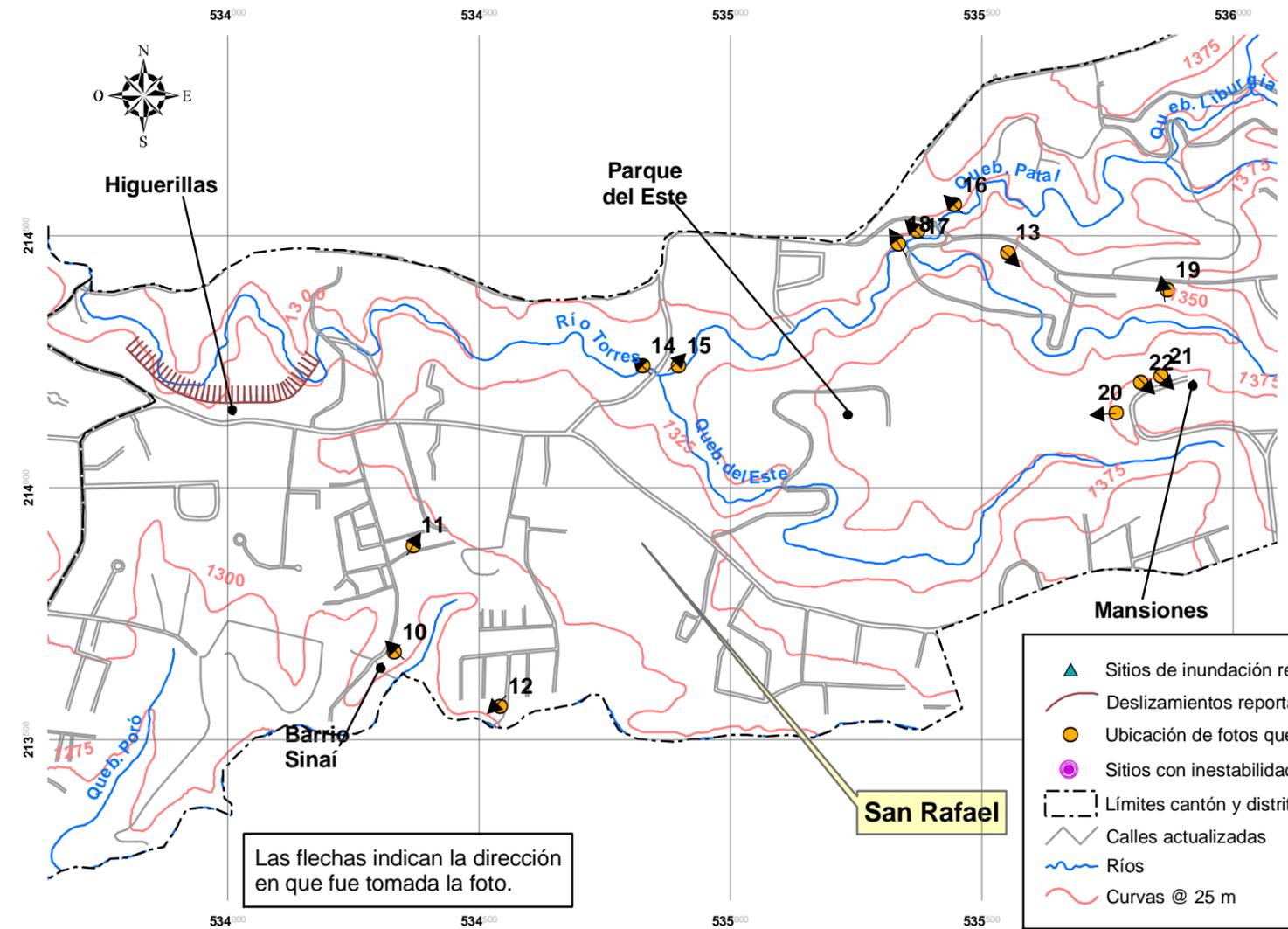
Fotografía 17. Muro de gaviones en margen del Río Torres, carretera a Salitrillos



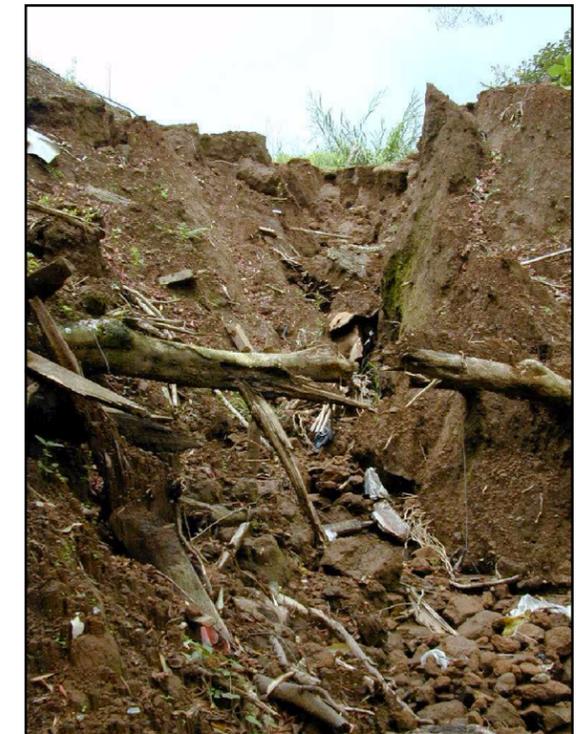
Fotografía 20. Viviendas en el Margen de la Quebrada Patal, en Salitrillos, con amenaza ante inundaciones.



Fotografía 10. Viviendas en Precario Calle Mora.



Fotografía 22. Casa sobre relleno, Urbanización Rosemary Karpinsky



Fotografía 25. Cárcava formada en un relleno, Mansiones.

Figura 3. Mapa de amenazas naturales en la parte oeste del distrito de San Rafael.

La Fotografía 26, Fig. 4, corresponde a otra zona alrededor de Mansiones, pero con condiciones sociales muy diferentes a la anterior, pues son casas de clase baja, asentadas sobre una planicie localizada entre las estribaciones montañosas y el cauce del Río Torres, se conoce como Urbanización Las Mansiones. Nótese el corte vertical que se llevó a cabo en el talud para la ubicación de esta vivienda, lo cual aumenta de forma significativa la amenaza natural ante deslizamiento, y si a esto se le agregan las condiciones socioeconómicas de esta zona, implica un alto grado de vulnerabilidad física.



Fotografía 26. Casa al pie de un corte vertical hecho en una ladera, Urbanización Las Mansiones.

En esta Urbanización Las Mansiones se presentan las siguientes particularidades que inciden directamente en el posible origen de los desprendimientos de material:

- Cortes de talud en forma vertical y viviendas a menos de 2.5 m del pie del talud (Fotografía 27).
- Falta de adecuados desagües en la parte superior de los taludes.
- Acumulación de escombros y vegetación en la parte superior.
- Falta de limpieza de cunetas de la carretera principal.
- Construcción de anexos por parte de los dueños de las casas a menos de 1 m del talud (Fotografía 27).
- Material que conforma el talud se encuentra muy alterado y fácilmente es erosionable por el agua.



Fotografía 27. Casas construidas hasta el borde del talud, Urbanización Las Mansiones.

- Muros de contención de poca altura.
- Arbustos de cierta altura han crecido al borde del talud, ocasionando constantemente desprendimientos.

Al considerar las particularidades anteriores es posible que el proceso de inestabilidad se incremente en mayor medida durante el período lluvioso o ante un eventual sismo y por lo tanto, los efectos por desplazamiento de material hacia las inmediaciones de las viviendas pueden ocasionar daños de consideración. Los casos más críticos de viviendas bajo taludes casi verticales corresponden a las viviendas N°34, N°35 y N°36 de esta Urbanización Las Mansiones.³

Se considera necesario efectuar varias obras en la ladera y talud, pero antes de efectuar cualquier trabajo en este lugar debe efectuarse un estudio de suelos y estabilidad de taludes, además de verificar en otros sitios que áreas corresponden a relleno y la profundidad del mismo, conociendo los parámetros necesarios, pueden efectuarse rectificaciones o incluso la posibilidad de reubicar familias asentadas al pie del talud. En algunos de estos sitios ya se han hecho estudios que señalan que a pesar de obras como gaviones o revestimiento de taludes efectuados con anterioridad, se estima poco estable la ladera, como en el caso de algunas viviendas que se encuentran en la parte inferior de la urbanización que limita con la margen derecha del Río Torres, (Fotografía 28, Fig. 4).



Fotografía 28. Talud revestido en la margen derecha del Río Torres, Urbanización Las Mansiones.

Sin embargo, en general se considera recomendable que se efectúe una limpieza de las cunetas, pues si la estabilidad de estos taludes depende de un correcto manejo de las aguas y este requisito no se está cumpliendo, entonces es evidente que la estabilidad del talud puede verse seriamente comprometida.

Cabe destacar este caso de la Urbanización Las Mansiones, el cual parece ser el más crítico por la cantidad de viviendas en riesgo y por las condiciones socioeconómicas de sus habitantes. Este proyecto fue desarrollado por la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI), los cuales modificaron el diseño original del proyecto en vista de que desde un principio se notaron problemas de inestabilidad en los taludes, a pesar de que algunos de estos presentaban cortes verticales y de mayores pendientes que los realizados por los desarrolladores del proyecto. Por lo tanto, el problema parece ser que los taludes son estables bajo las condiciones anteriores, pero con una estabilidad precaria, ya que ante cualquier cambio sobre estas condiciones los taludes pueden fallar.

Precisamente la situación descrita con anterioridad parece ser lo que ha incidido en los deslizamientos que se han dado, pues una mala canalización de las aguas en la parte superior de los taludes parece ser la causa más probable de la inestabilidad de estos

³ Comisión Nacional de Emergencias, Informe Técnico Urbanización Las Mansiones, Junio de 1996.

taludes y la generación de estos deslizamientos. Sin embargo, no debe dejarse de lado el hecho que en las viviendas limítrofes con el río, se realizó un relleno con escombros, originalmente sin muro de contención en el pie del relleno y además entre estas casas y el cauce del río existen menos de los 10 m de protección que exige la ley, ya con anterioridad se han dado asentamientos en los terrenos de estas casas (N° 105 y N°114), y las casas presentan daños en sus pisos y paredes producto de este asentamiento⁴. Cabe destacar, que la casa N°105 estuvo deshabitada y en condiciones inhabitables desde los daños que sufrió en las lluvias de la última semana de octubre de 1998, hasta la fecha en que se le realizaron una serie de mejoras estructurales y en su cimentación, posteriormente se hicieron mejoras en el talud, como su impermeabilización y la construcción de un muro de gaviones (Fotografía 28).

En síntesis el terreno donde se encuentran estas casas no es apto para construir por estar conformado de un relleno hecho deficientemente, con una anchura que no permite una lejanía segura con respecto al talud de característica muy inestable y fácil de erosionar hacia el margen del Río Torres, por lo tanto debe contemplarse lo establecido en la Ley de Aguas, en relación con las regulaciones de mantenimiento del cauce y obras a realizar. Asimismo, el Código Urbano, Capítulo III.3.7, inciso III.3.7.1 establece limitaciones con respecto a zonas de protección de las áreas colindantes con los ríos.

Además en estos terrenos sobre el relleno, también se debe mejorar la capacidad de los drenajes de los tanques sépticos junto con la canalización y entubamiento de las aguas pluviales, para reducir la escorrentía subterránea que afecta la estabilidad del relleno y el talud cerca del río.

Finalmente se debe destacar el estudio de suelos efectuado por la consultora INGEOTEC, en enero de 1999, en el cual se hace un diagnóstico exhaustivo de las condiciones del suelo en este relleno, específicamente por los daños sufridos por las casas N° 105 y N° 114, por medio de una serie de perforaciones y análisis de estabilidad, se obtienen las siguientes conclusiones y recomendaciones⁵:

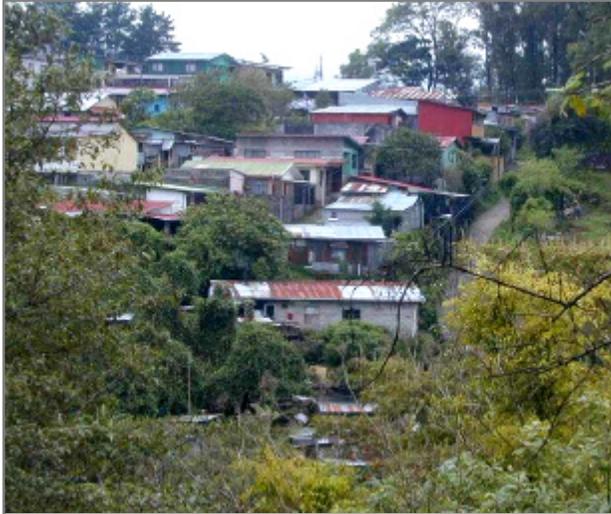
- Todos los sondeos realizados detectaron la presencia de suelos excepcionalmente suaves, que se extienden hasta profundidades variables entre 5.5 y 7 m. Además los suelos suaves encontrados presentan características de limos colapsables cuando se saturan.
- Principalmente los daños ocurridos en estas 2 viviendas (N° 105 y N° 114), se atribuyen al colapso del terreno, producto de las fuertes lluvias producidas por el Huracán Mitch.
- Con los estudios de estabilidad realizados se ha demostrado que, bajo condiciones críticas de humedad y saturación, el talud de la casa N° 105 era inestable. Aún y cuando el muro de gaviones construido consigue la estabilización del talud para condiciones estáticas, el mismo presenta factores de seguridad bajos contra sismos. Para mejorar la estabilidad de ese talud y proteger la vivienda contra nuevos efectos de colapso se recomienda impermeabilizar todo el patio y los taludes con un sello de

⁴ Comisión Local de Emergencias, Carta a la Comisión Nacional de Emergencias, 16 de setiembre de 1999.

⁵ Estudio de suelos FUPROVI, Urbanización Las Mansiones, INGEOTEC S.A., 6 de enero de 1999.

- concreto. También se recomienda continuar el muro de gaviones unos 2 m más, de tal forma que se proteja toda la pared.
- La solución de reconstrucción realizada; aunque es buena, no garantiza la seguridad absoluta de la vivienda. No obstante las soluciones anteriores aumentan el grado de seguridad.
 - En este estudio no se revisó la estabilidad del muro de gaviones, ni su seguridad contra efectos de socavación del cauce, por lo que se recomienda hacerlo.
 - Para la casa N° 105 se recomienda impermeabilizar con un sello de concreto el patio y el costado este de la casa, a fin de evitar que se produzcan de nuevo colapsos por humedecimiento.
 - En el relleno de la casa N° 114 se detectaron suelos de similares características a los encontrados en la zona donde se ubica la casa N° 105, por lo que se recomiendan las mismas medidas de impermeabilización de los patios y taludes en donde sea posible. Adicionalmente se deberán reparar los daños debidos a las deformaciones existentes.
 - Es importante verificar el buen funcionamiento de las cunetas, tragantes y desfuegos de agua pluvial existentes en las alamedas, a fin de asegurarse que no presenten problemas por obstrucciones o mal funcionamiento que pueda llegar a producir la saturación de los suelos cercanos a las viviendas afectadas.

Sector Calle Díaz



La Urbanización Calle Díaz se caracteriza por poseer gran cantidad de viviendas en terrenos de alta pendiente, como se observa en la Fotografía 29. Además nótese la alta cobertura de área construida sobre cada lote, por lo cual se impermeabiliza el terreno y se aumenta la escorrentía superficial. Cabe destacar, que al pertenecer esta zona a la cuenca media superior del Río Torres, los efectos de estos dos últimos aspectos resultan críticos para las zonas de la cuenca inferior baja, donde los terrenos son más planos y más propensos a sufrir inundaciones.

Fotografía 29. Viviendas en alta pendiente, Urbanización Calle Díaz.

Algunas de las viviendas, se asentaron en cortes verticales de taludes de gran altura y/o en rellenos sin ninguna protección (Fotografía 30, Fig. 4). Además, es crítico que en las partes superiores de los taludes las aguas pluviales y servidas no se canalizan

adecuadamente, por lo tanto saturan el terreno y esto puede originar los desplazamientos de masas de tierra hacia los sectores más bajos.



Fotografía 30. Casas bajo y sobre taludes con cortes verticales, Urbanización Calle Díaz.

Sector La Campiña

Otra evidencia de un relleno se muestra en la Fotografía 31, la cual corresponde a un terreno aledaño al del Club Campestre La Campiña, donde se nota una mejor conformación del relleno. Sin embargo, es posible que no se haya hecho un adecuado diseño del talud, debido a que no se observan obras de drenaje en la corona del relleno, las cuales pueden ser necesarias debido a la longitud del talud, tipo de material y las condiciones de lluvias imperantes en la zona. Además debe recordarse que muy cerca de este sitio, en lo que consistió el relleno original de la cancha de fútbol y el parqueo de La Campiña, se produjo un deslizamiento de flujo de lodos y árboles, el 15 de setiembre de 1995, el cual sepultó una vivienda al pie del mismo, y provocó la muerte de 4 personas.



Fotografía 31. Relleno en las cercanías de La Campiña.

Precisamente en la Fotografía 32, se observa los restos de la vivienda sepultada parcialmente por el deslizamiento del relleno efectuado en la cancha de fútbol de La Campiña. Se debe tomar en cuenta que para efectuar ese relleno parece ser que no se conformó de manera adecuada, ni se llevaron a cabo las obras de drenaje necesarias, por lo tanto el efecto de saturación propiciado por la lluvia generó el evento desastroso.

Fotografía 32. Restos de vivienda cerca de La Campiña.



Específicamente en el área afectada se pudo concluir que el material de relleno acumulado en la ladera se deslizó debido a los siguientes factores⁶:

- El material utilizado como relleno corresponde a un suelo y material volcánico alterado, esto implica que era necesario una protección del talud por medio de alguna geomembrana o plástico, con la finalidad de eliminar el máximo la escorrentía superficial, erosión y saturación del terreno.
- La falta de subdrenajes para eliminar la saturación del agua provocó una recarga adicional al material, generando mayor filtración.
- Las características del relleno (suelo), falta de muros de contención adecuados, condiciones climatológicas adversas (altas precipitaciones) entre otros ya señalados, fueron factores que contribuyeron para que el terreno lentamente se saturara, hasta un punto que el material involucrado alcanzara en determinado momento su límite líquido a lo largo de esa superficie, perdiéndose así la resistencia al corte y movilizándose súbitamente bajo la acción de la gravedad.
- La construcción de la cuneta en la parte superior del talud y la colocación de una alcantarilla de cemento al final de desagüe, fueron posiblemente diseñadas para proteger el relleno de eventuales erosiones intensas y evitar desplazamientos de material, esto debido al flujo de aguas pluviales del sector aledaño. Pero se constató que el sistema de evacuación de las aguas diseñado para un único objetivo (protección de relleno), no fue concluido hasta unirlo al desagüe municipal.
- Las aguas del sector superior más la escorrentía superficial se canalizaron naturalmente hacia una de las terrazas, ocasionado una mayor recarga de agua al terreno – relleno, provocando la falla y el posterior deslizamiento.

La falla se presentó en grandes proporciones en la zona de relleno y en menor grado en la zona de corte. El efecto combinado de un relleno mal efectuado con una precipitación excesivamente alta, puede inducir deslizamientos como el ocurrido. Un relleno puede haber sido muy compactado, sin embargo, si no fue previamente “banqueado”, o sea, terracedo en forma adecuada, además de eliminar la capa vegetal, encauzar las aguas superficiales o infiltradas, etc., entonces el relleno puede fallar.

⁶ Deslizamiento en la ladera noroeste de la finca del Club Campestre La Campiña, Comisión Nacional de Emergencias, 20 de setiembre de 1995.

Se debe recalcar que en la mayoría de los casos, el agua es el factor principal en la inestabilización de un talud. Según el estudio efectuado por INSUMA⁷, la razón de que la falla se presentara en el sitio de ocurrencia, se puede deber a que se trataba del lugar donde el talud tenía la mayor altura, combinado con el efecto de aguas subterráneas o aguas infiltradas desde la terraza hacia niveles inferiores o alguna tubería con salida cerca del talud o del rebalse de las aguas de la cuneta perimetral al borde del talud. También una mala compactación del relleno podría producir la falla, sin embargo, siempre es necesario el efecto de aguas controladas. Además, se señala que el tipo de falla observado es típico de suelos homogéneos, por lo tanto, parece que el deslizamiento se desarrolló solo en relleno y no a lo largo de la interfase terreno original / relleno.

Entre las principales conclusiones y recomendaciones de este informe se destacan:

- Todo parece indicar que el problema se dio por el efecto de aguas mal controladas que penetraron al relleno, el cual no estaba diseñado para soportar tales condiciones.
- El uso de terrazas y las pendientes utilizadas en los rellenos y cortes observados aparentan una buena metodología constructiva. Sin embargo, las consecuencias indican que esto no fue suficiente para prevenir el problema.

Cabe destacar, que en este informe también se recomienda recopilar o generar información para efectos de realizar un estudio más detallado y concluyente, en este sitio y en general, esta información resulta ser la básica para poder llevar a cabo este tipo de estudios en cualquier otro sitio. Esta información es la siguiente⁷ :

1. Topografía original del área.
2. Topografía después de los movimientos de tierra (situación previa al deslizamiento).
3. Topografía actual (3 secciones típicas).
4. Estudios de suelos anteriores (si existen).
5. Estudio de suelos actual (3 perforaciones mínimo).
6. Foto aérea Escala 1: 10000.
7. Registro pluviométrico de la estación más cercana (mes de setiembre de 1995).
8. Descripción del proceso constructivo de rellenos (limpieza de vegetación, banqueo, subdrenajes, etc.).
9. Control de compactación de rellenos.
10. Realizar un análisis de estabilidad con la información recopilada de la topografía y los estudios de suelos.

Paradójicamente, en esta zona alrededor de La Campiña, se ubican al pie de la ladera otras viviendas, como la que se observa en la Fotografía 33, Fig. 4. La cual además de

⁷ Reconocimiento Geotécnico Preliminar, Deslizamiento en La Campiña, INSUMA, 22 de setiembre de 1995.

⁷ Reconocimiento Geotécnico Preliminar, Deslizamiento en La Campiña, INSUMA, 22 de setiembre de 1995.

estar en un sitio de alta amenaza ante deslizamientos, posee un grado de vulnerabilidad física bastante alto.

Fotografía 33. Vivienda al pie de ladera, cerca de La Campiña.



Sector Monte Rosa

Otra ladera que presenta posibles rasgos iniciales de inestabilidad, principalmente por efecto del pastoreo, es la ladera oeste de la Finca Monte Rosa (Fotografía 34, Fig. 4). Cabe destacar, que en esta finca se tiene planeado el desarrollo de un proyecto residencial de clase alta, para el cual se deberían de tomar en consideración los factores de altas pendientes y/o

susceptibilidad a la inestabilidad de laderas presentes en la zona.

Fotografía 34. Posible inestabilidad de ladera en Monte Rosa.



También en Monte Rosa, en ambos márgenes del cauce del Río Torres se asientan casas sobre terrenos con fuertes pendientes y con una ladera con alta deforestación en la parte de atrás, que corresponde al este, como se observa en la Fotografía 35, Fig. 4.



Fotografía 35. Viviendas sobre ladera de alta pendiente al margen del Río Torres, cercanías de Monte Rosa.

Se deben señalar también los problemas que se presentan en la carretera principal a San Rafael. El principal problema observado es la carencia de alcantarillado en la calle principal, así como cunetas o desagües, consecuentemente esto genera un deterioro acelerado de la carretera y un

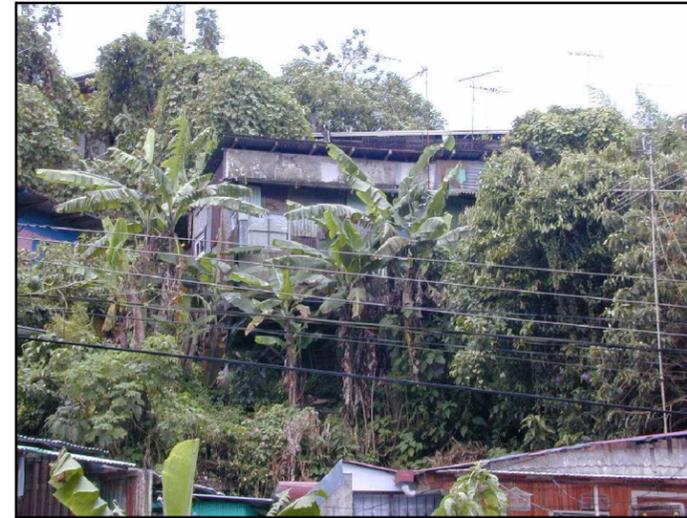
completo descontrol de las aguas pluviales. En las zonas de condiciones sociales más pobres ubicadas en las depresiones del lugar, en algunas quebradas que confluyen al río Torres, lo que se nota es que como típicas zonas de hacinamiento, no se respetan las zonas de protección de márgenes. Dependiendo del tipo de urbanización que se dé aguas arriba se pueden propiciar problemas aguas abajo que serían inevitables. Aunque no todas estas márgenes están habitadas es importante tomar medidas desde ahora.



Fotografía 26. Casa al pie de un corte vertical hecho en una ladera, Urbanización Las Mansiones



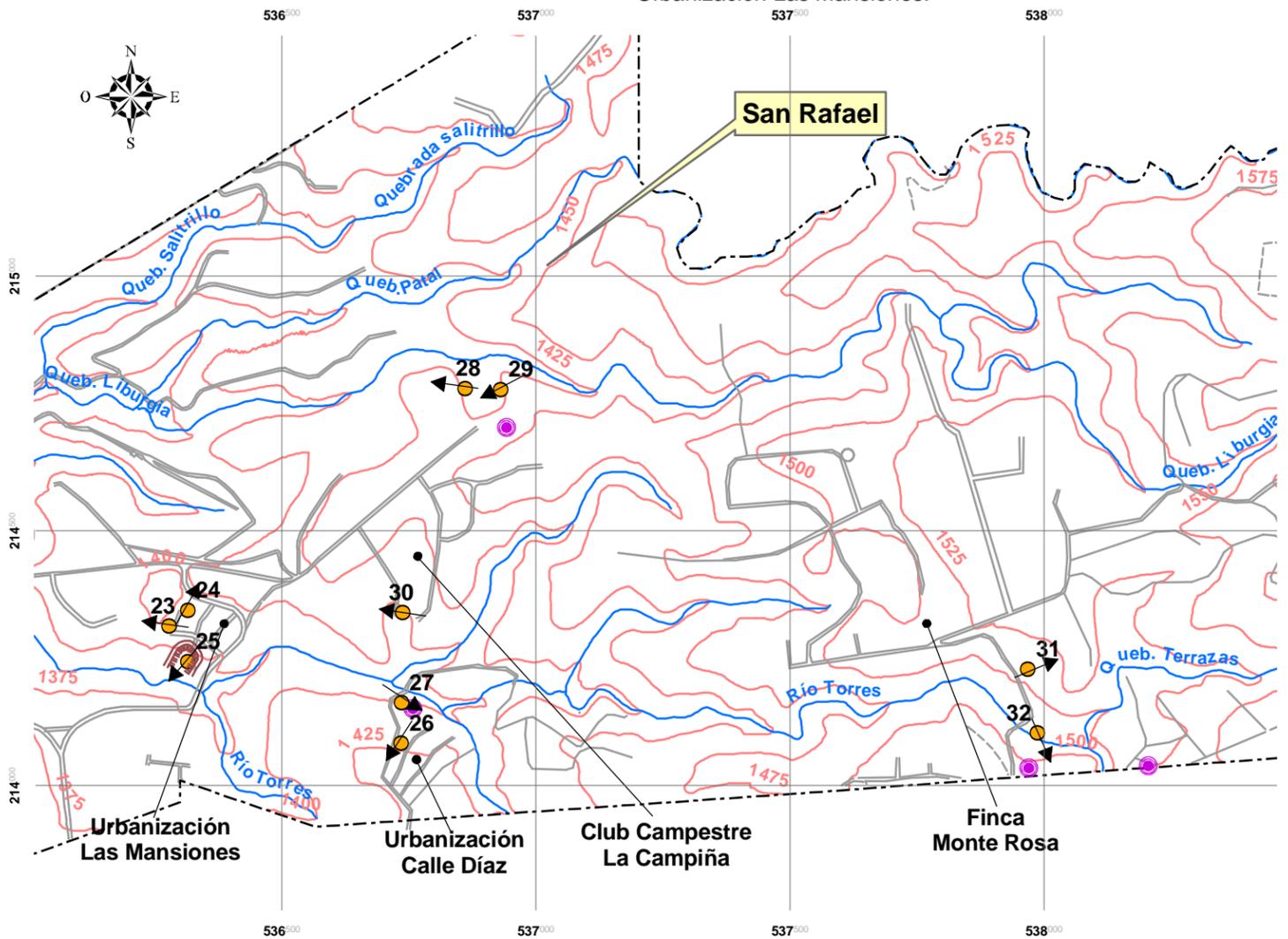
Fotografía 28. Talud revestido en la margen derecha del Río Torres, donde se han dado deslizamientos, Urbanización Las Mansiones.



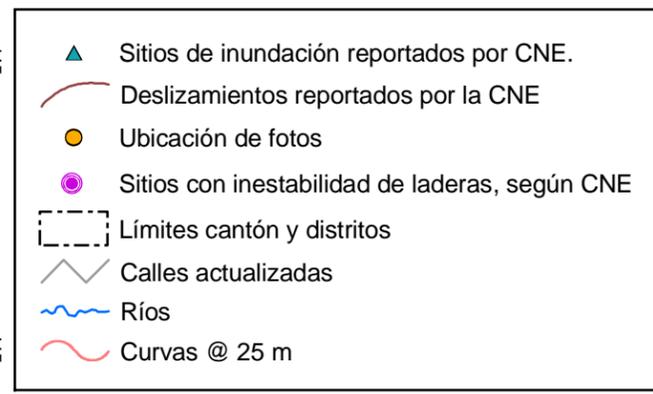
Fotografía 30. Casas bajo y sobre taludes con cortes verticales, Urbanización Calle Díaz



Fotografía 33. Vivienda al pie de ladera contigua a La Campiña



Fotografía 35. Viviendas sobre ladera de alta pendiente al margen del Río Torres, cercanías de Monte Rosa



Las flechas indican la dirección en que fue tomada la foto.



Fotografía 34. POsible inestabilidad de ladera por sobrepastoreo en Monte Rosa

Figura 4. Mapa de amenazas naturales en la parte central del distrito de San Rafael.



RECOMENDACIONES GENERALES PRELIMINARES

El problema de los riesgos naturales en Montes de Oca resulta complejo pues involucra distintos aspectos sociales, económicos, políticos y técnicos. Debido a esta complejidad necesitan varios ejes de solución a la vez, los cuales deben enfocarse a medidas prácticas, económica y técnicamente factibles. Es importante aclarar que actuar únicamente en un eje de solución es insuficiente, el conjunto de acciones debe ser multidireccional. A continuación se citan los principales aspectos generales de solución en los que hay que actuar:

- Fiscalización del cumplimiento de las regulaciones y aplicación de las regulaciones.
- Definición de restricciones o regulaciones para los que deseen construir nuevas viviendas o reparar las existentes.
- Identificar las zonas correspondientes y no permitir más construcciones en estas zonas de deslizamiento, riberas de los ríos, zonas de relleno, zonas de muy alta pendiente.
- No brindar ayuda para reparar viviendas existentes en esas zonas, pero sí apoyar a los que se quieran trasladar a otra zona de la ciudad.
- Exigir estudios de suelos, construcción adecuada de drenajes y muros de contención en zonas de alta pendiente y márgenes de ríos. Para concretar estas regulaciones es necesario realizar estudios técnicos más profundos.
- Definición de otras opciones de uso para esos terrenos que sea de interés público y/o uso comunal importante.
- Definición de un Plan de Compra/donación/intercambio de terrenos riesgosos por parte de la Municipalidad de Montes de Oca: negociaciones con los dueños, intercambio con terrenos municipales en otras zonas de la ciudad, campañas de recolección de fondos o donaciones.
- Definición de opciones razonables para las personas que habitan actualmente esas zonas.
- Definir nuevas zonas de vivienda popular sin riesgos naturales.
- Política de densificación para conservar el carácter rural del distrito de San Rafael, con zonas de protección alrededor de los ríos, y otras libres de urbanizaciones por sus características físicas naturales.

SÍNTESIS DE REGULACIONES PARA CONSTRUCCIÓN EN ZONAS DE RIESGO O PROTECCIÓN

Legislación sobre Zonas de Riesgo y Desastres Naturales

En la actualidad existe una nueva ley que faculta a la Comisión Nacional de Emergencias (C.N.E.) de establecer y decretar las zonas de emergencia o de riesgo antes de que ocurran los desastres o problemas lográndose de esta forma poder tomar las medidas preventivas necesarias antes de que los problemas se presenten, con lo cual se logrará minimizar el impacto o daño que puedan causar los fenómenos naturales en los diversos lugares.

Código UrbanoIII.3.7 Protección de ríos

III.3.7.1 En el caso de que se pretenda urbanizar fincas atravesadas por ríos o quebradas o que colinden con éstos, deberá proveerse una franja de “no construcción” con un ancho mínimo de 10 m a lo largo del lecho máximo y medidos a cada lado del mismo, en la proyección horizontal.

III.3.7.2 Para acequias y cauces de agua intermitentes, se considerarán 5 m en lugar de 10 m.

III.3.7.3 En distritos urbanos, en el caso de que una vez cumplido el párrafo anterior queden franjas no construibles a orillas de cauces de agua, éstas deberán conformar una sola finca entre calles, no aptas para la construcción y deben tener carácter de protección al cauce.

III.3.7.4 En el caso de cañones de río, los terrenos aledaños que tengan más del 25% de pendiente no podrán urbanizarse, para efectos de la cesión de áreas públicas estos terrenos no se computarán por no formar parte del área urbanizable. En dichas laderas no se podrán realizar movimientos de tierra que alteren la topografía natural del terreno, esto implica prohibición de terraceo y depósito o extracción de materiales.

III.3.7.5 En el caso de terrenos con pendientes de más de 20% con laderas a orillas de cauces de agua, se deberán presentar, acompañando al anteproyecto de la urbanización, estudios geológicos de la zona a urbanizar que demuestren que los terrenos son aptos para construir.

III.3.7.6 En caso de que una corriente de agua permanente nazca en un área a urbanizar, el ojo de agua deberá protegerse en un radio de 50 m como mínimo, zona en que no se podrá construir obra, salvo las de aprovechamiento del agua.

III.3.8 Entubamiento de ríos

Cuando la urbanización esté cruzada por un cauce de agua se podrán hacer trabajos de canalización o entubamiento, en cuyo caso se deberán prever rebalses para avenidas máximas manteniendo sobre el tubo un “canal abierto” adicional.

III.3.9 Movimiento de Tierras

III.3.9.4 Las áreas destinadas a construcción no deberán quedar en zonas de relleno; eventualmente el I.N.V.U. y la Municipalidad con base en estudios presentados por el urbanizador, podrán permitir que se construyan viviendas en dichas áreas, en cuyo caso se deberá especificar claramente el grado de compactación.

III.3.9.5 Los sitios de relleno podrán ser utilizados para parques en cuyo caso el I.N.V.U. podrá exigir la construcción de muros de retención y de elementos protectores contra accidentes, si fuere pertinente.

Ley Forestal

Art. 33. Áreas de protección.

33. b) Una franja de 15 m en zona rural y de 10 m en zonas urbanas, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de 50 m horizontales, si el terreno es quebrado.

Bibliografía

- Entrevistas al geólogo Julio Madrigal Mora coordinador del sector de Geotécnica de Comisión Nacional de Emergencias.
- Geólogo Lidier Esquivel Valverde. Problemas de Inestabilidad en el terreno en urbanización Europa (San Rafael de Montes de Oca). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1998.
- Geólogo Julio Madrigal Mora. Problemática de terrenos que no son aptos para la construcción de viviendas, San Rafael de Montes de Oca (DPM-INF-023-99). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1999.
- Geólogo Julio Madrigal Mora. Evaluación de la vulnerabilidad de la Escuela de Salitrillos del cantón de Montes de Oca, provincia de San José (DPM-INF-008-097). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1997.
- Geólogo Julio Madrigal Mora. Problemas asociados a la inestabilidad de laderas en los sectores de Cerrillo, Calle Azahar y Calle Díaz, cantón de Montes de Oca (DPM-INF-008-96). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1996.
- Geólogo Julio Madrigal Mora. Inestabilidad de taludes en terreno propuest para la realización del Centro Comercial Plaza San Pedro (DPM-INF-270-998). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1998.
- Geólogo Lidier Esquivel Valverde. Inestabilidad de laderas en margen derecho quebrada Cas, Urbanización La Marsella, Cedros de Montes de Oca (DPM-INF-182-099). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1999.
- Geólogo Jorge H. Salazar Román. Deslizamiento en la carretera, San Rafael de Montes de Oca (CNE-INF-101-096). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1996.
- Geólogo Alonso Alfaro Martínez. Inspección realizada en el precario Calle Mora, Sabanilla de Montes de Oca, provincia de San José (DPM-INF-256-97)

Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1997.

- Geólogo Alonso Alfaro Martínez. Problemas de erosión y necesidad de muros de retención en una casa de la urbanización el Rodeo, distrito de Sabanilla, cantón de Montes de Oca (DPM-INF-126-98). Departamento de prevención y mitigación de la Comisión Nacional de Emergencias, 1998.

SECCIÓN II

INUNDACIONES

INFORME DE INUNDACIONES PARA EL CANTÓN DE MONTES DE OCA

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que se presentan luego de procesos urbanizadores es un aumento en la frecuencia en la ocurrencia de inundaciones. Los daños económicos y sociales que acarrearán son cada vez más difíciles de corregir, pues las inversiones que se necesitan hacer, en tiempo y dinero serán mayores cuanto más tiempo se les deje a la deriva. Las herramientas necesarias para su corrección están fundamentadas en criterios técnicos y su implementación es una decisión política.

El cambio en el uso del suelo varía totalmente los patrones de escurrimiento de una zona dada. A veces esas variaciones en la cobertura de un sitio afectan otros lugares. Como más adelante se explicará, el control de las inundaciones depende de las decisiones que se tomen dentro del marco de una cuenca hidrográfica y no de una división política. La zona Este de Montes de Oca ha mantenido en su territorio un uso principalmente de bosques y pastos, mientras que hacia el Oeste el uso es intensamente urbano. La urbanización de esta última zona no fue bien planificada, y por otra parte algunos sectores tienen una alta densidad de población. Montes de Oca es como una continuación del cantón central de San José, pero caracterizado por la presencia de centros comerciales (entretenimiento), zonas residenciales, universidades y consultorías, donde estas dos últimas son las actividades económicas más importantes del cantón, probablemente promovidas por la presencia de la UCR, desde hace 44 años. Los resultados y consecuencias de esos cambios en un nivel completo y especialmente en el caso al que se refiere este informe, se evidencian con cierta facilidad.

El siguiente documento presenta un análisis de la problemática de aguas pluviales en Montes de Oca, de acuerdo a las observaciones realizadas mediante trabajo de campo. El objetivo principal será mejorar el conocimiento que existe de este problema, de tal forma que se realicen los cambios necesarios para darle control y una solución más sostenible.

Se iniciará con la descripción de todos los conceptos teóricos que son necesarios para comprender los fenómenos hidrológicos, pues continuamente se hará referencia a ellos en este documento. Posteriormente se hará una breve síntesis de los problemas observados dentro del cantón. Finalmente se darán recomendaciones técnicas de posibles soluciones para la mitigación y corrección de los impactos negativos que las épocas de lluvia ocasionan.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE HIDROLOGÍA

La hidrología es la ciencia que se dedica a la explicación de los fenómenos atmosféricos, climáticos y terrestres que afectan a la distribución espacial y temporal del agua en el planeta. Algunos conceptos importantes de comprender se resumen en los siguientes párrafos.

Una cuenca hidrográfica es aquella área geográfica que concentra el agua que llueve sobre ella a un mismo lugar de salida (Figura #1). El agua que cae a una ladera escurre hacia un cauce principal que recolecta en toda su longitud agua y la transporta hacia otros cauces, un lago o el mar.

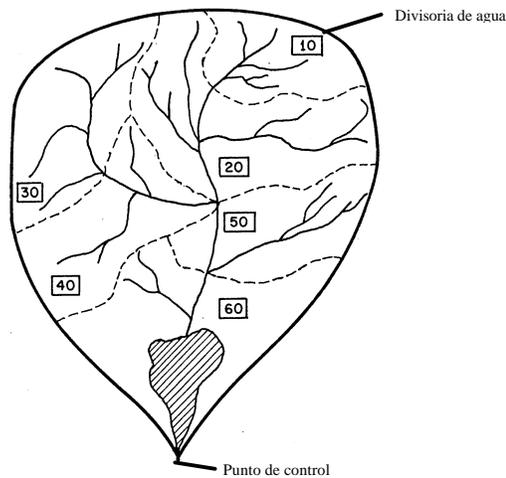


Figura #1: Ejemplo de una cuenca y sub – cuencas.

por tanto precipita. Las lluvias por convección se originan al darse un calentamiento de la superficie terrestre que calienta aire cargado de humedad. Este asciende hasta una

altura que permite entonces que se dé la precipitación. Las lluvias orogénicas son lluvias duraderas pero de poca intensidad, las convectivas son cortas pero de intensidades mayores. La precipitación se mide en forma puntual por medio de pluviógrafos o pluviómetros. Las unidades de medición son de precipitación total en milímetros y de intensidad en milímetros por hora. La intensidad es la cantidad de lluvia que cae en un periodo de tiempo dado. (Figura #2).

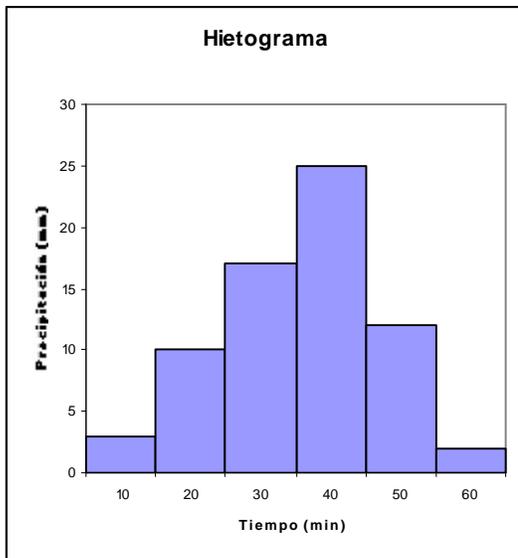


Figura #2: Ejemplo de hietograma de precipitación de total

Una vez que el agua llega al suelo toma tres caminos: se infiltra en el suelo, es interceptada por la vegetación o escurre ladera abajo como se mencionó al principio. El agua que escurre por los terrenos viaja a una velocidad mayor que el agua infiltrada. Esta última se mueve a un nivel

subsuperficial o se percola hacia capas de suelo o roca más profundas. Posteriormente aflorará ya sea en el cauce más cercano o en otra cuenca. Para análisis de crecientes en tormentas se toman en cuenta principalmente el agua que escurre superficialmente y no la que se infiltra, lo que es más aplicable sobretodo en cuencas urbanas. Al porcentaje del agua de la lluvia total que escurre por el terreno se le conoce como coeficiente de escorrentía (C_E). La tabla #1 muestra algunos valores típicos de C_E para distintas coberturas del suelo y categorías de pendiente. Una explicación más detallada de este punto se presenta al final de este capítulo. Para el caso de suelo desnudo, que es una clasificación usualmente utilizada en mapas de uso del suelo, no se muestra un dato que lo represente en esta tabla. Por ello se debe estimar un valor adecuado para este caso. Pero en las ciudades el valor más apropiado puede ser el primero de la tabla, pues es el que predomina y el que se usará en Montes de Oca. Por otra parte estos son valores promedio que se han obtenido de pruebas de campo y no se puede pretender conocer, para una región dada, estos valores con mucha precisión.

Tabla #1: Valor del coeficiente de escorrentía por tipo de cobertura, pendiente y período de retorno (Ref. 11)

Coeficiente de escorrentía	Período de retorno 5 años	Período de retorno 10 años	Período de retorno 25 años	Período de retorno 50 años
Concreto techo	0.80	0.83	0.88	0.92
Cultivos 0-2% pendiente	0.34	0.36	0.40	0.43
Cultivos 2-7% pendiente	0.38	0.41	0.44	0.48
Cultivos > 7% pendiente	0.42	0.44	0.48	0.51
Pastizales 0-2% pendiente	0.28	0.30	0.34	0.37
Pastizales 2-7% pendiente	0.36	0.38	0.42	0.45
Pastizales > 7% pendiente	0.40	0.42	0.46	0.49
Bosques 0-2% pendiente	0.25	0.28	0.31	0.35
Bosques 2-7% pendiente	0.34	0.36	0.40	0.43
Boques >7% pendiente	0.39	0.41	0.45	0.48

El agua que pasa por un cauce por unidad de tiempo, se conoce como caudal, descarga o flujo. Se mide como unidades de volumen por unidades de tiempo. Durante una creciente la cantidad de agua que pasa por un cauce cambia constantemente, de acuerdo a las características de la lluvia que la originó. El caudal máximo que se registra durante la creciente se llama caudal pico. El tiempo que transcurre desde que la tormenta inicia hasta que se presenta el caudal máximo se conoce como tiempo al pico. Cuando se dibujan en un plano cartesiano los caudales del río contra el momento en que ocurren se obtiene un hidrograma. Ver figura #3.

Un último concepto que es importante mencionar es el de tiempo de concentración. Este es el tiempo que tarda una gota de agua en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida o punto de control analizado. Es un valor difícil de estimar pues depende del uso del suelo de la zona, de las obras de drenaje pluvial que se hayan construido dentro de la cuenca, y de la distribución de la precipitación en el espacio. Dos ecuaciones desarrolladas para calcular el tiempo de concentración son las siguientes:

$$t_c = 436,39 \cdot \left[\frac{N \cdot L_m}{S \cdot g} \right]^{0.5} \quad (1) \qquad t_c = \left[0,886 \frac{L_m^3}{H} \right]^{0.385} \cdot 0,52 \quad (2)$$

donde:

L_m es la longitud del punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida (km).

N es el coeficiente de retardo (tabla #2)
H es la diferencia de niveles entre el inicio y el final de L_m (m)
S es la pendiente promedio del recorrido que realiza el agua en %
g es la aceleración de la gravedad (m^2/s)

Tabla #2: Coeficientes de retardo para distintas superficies

Tipo de superficie	Valor de N
Superficie impermeable	0.02
Suelo compacto y liso	0.10
Superficie moderadamente rugosa	0.20
Césped pobre	0.20
Pastos comunes	0.40
Terrenos arborizados	0.70
Pastos densos	0.80

Fuente: Normas de diseño, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

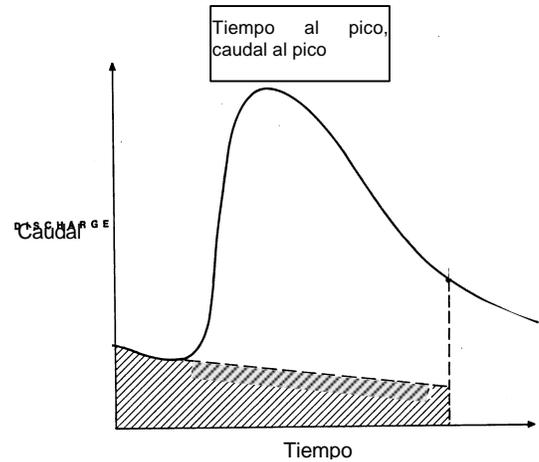


Figura #3: Ejemplo de un hidrograma de escurrimiento

El tiempo de concentración no es un valor que requiera ser conocido con extrema precisión. Es un parámetro que nos indica cuán rápido la cuenca responderá a una lluvia. Las cuencas urbanas presentan tiempos de concentración muy cortos comparadas con otras similares pero no urbanizadas. La razón estriba en que el recorrido que hace el agua sobre una cuenca urbana el cual es muy distinto al de otra no urbanizada debido a la presencia de tuberías, calles, etc. Basta para ello observar el recorrido tan diferente que hace el agua cuando cae en la superficie en ambas cuencas. Como referencia se puede citar el caso de la cuenca de la quebrada los Negritos donde el tiempo de concentración hasta la salida del cantón es menor a 20 minutos (Ref. 5).

2.1. Variables que condicionan la escorrentía

La escorrentía esta sobre todo condicionada por las siguientes variables:

- Pendiente
- Tipo y distribución de la cobertura del suelo
- Permeabilidad del suelo
- Características de la precipitación (distribución espacial y temporal)
- Condiciones locales especiales (geología, topografía, antropogénicas, etc.)

Pendiente:

La pendiente de los terrenos condiciona de forma importante la escorrentía de los terrenos. La lluvia al caer sobre el suelo trae una energía inicial producto de la velocidad con que precipita, sin embargo esta es absorbida casi totalmente en el impacto. Posteriormente, parte del agua que llega al suelo se infiltra y otra empieza a escurrir pendiente abajo. Conforme mayor es la pendiente, el agua puede escurrir con más velocidad. De esta forma el tiempo de concentración disminuye al aumentar las pendientes.

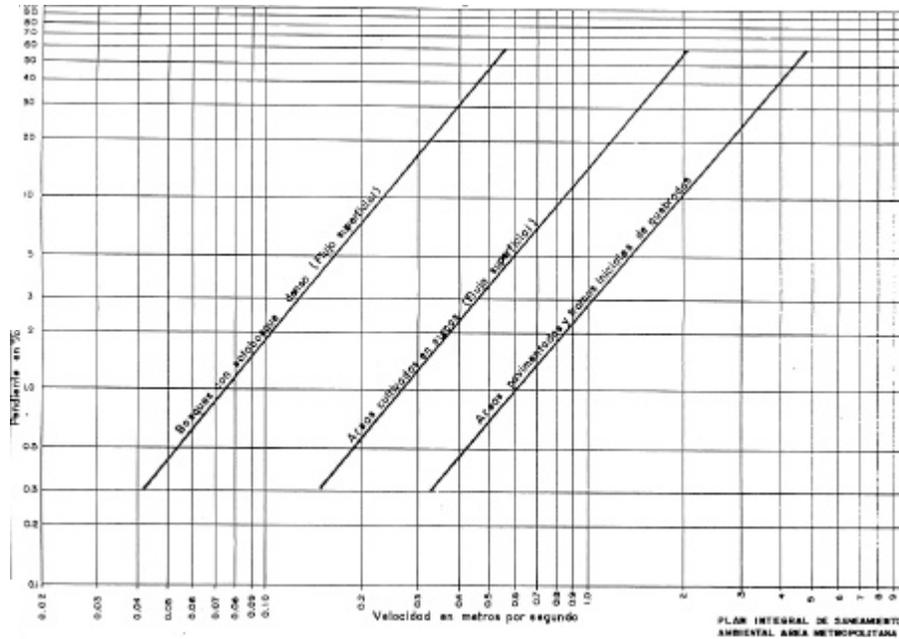


Figura #4: Velocidad del agua en diferentes tipos de superficie

Cobertura del suelo:

Pueden existir diversas condiciones de cobertura del suelo. Se suelen utilizar estas condiciones:

- Pavimentos o superficies casi totalmente impermeables
- Techos, concreto, superficiales con rugosidad mínima
- Pastos (de acuerdo a la cobertura y altura del mismo)
- Superficies desnudas
- Bosques o zonas con árboles (de acuerdo a la densidad)

Las superficies muy lisas dan muy poca resistencia al escurrimiento del agua al contrario de las zonas de bosques, donde mucho es retenida por las ramas y el flujo sobre el terreno se ve continuamente interrumpido. Los pastos pueden, al igual que los bosques, ofrecer una resistencia muy importante al agua de acuerdo a su densidad y altura. (Ver figura #4)

Tipo de suelo:

El tipo de suelo determina sobre todo el volumen de agua que en él se puede infiltrar. La capacidad de infiltración de un terreno depende de los suelos que lo conforman y su estructura. Existen suelos con una gran capacidad de retener agua en a poca profundidad, almacenarla y/o favorecer su infiltración hacia estratos más profundos. Otra característica importante de los suelos es su permeabilidad. Así los suelos orgánicos retienen más agua que suelos pobres arcillosos, y las arenas filtran una gran cantidad de agua. Por otra parte la infiltración de agua en un terreno disminuye conforme este se va saturando.

Características de la precipitación:

La precipitación gobierna de forma directa el modelo de escurrimiento de cualquier lugar. La precipitación tiene variaciones en su intensidad tanto espacialmente como temporalmente. Para ciertas cuencas, especialmente en nuestro país es posible

observar como varía la precipitación de un lugar a otro. Por otra parte la precipitación no es constante en el tiempo sino que puede ser en algunos instantes muy alta y en otros nula durante una misma tormenta. Además varía sensiblemente con la época del año.

Esta es un variable que condiciona sensiblemente el modelo de escurrimiento de un terreno pues lluvias de poca intensidad y larga duración (orográficas) le permiten al suelo una mayor capacidad de infiltración y captación del agua de escorrentía y el suelo tenderá a saturarse. Por otra parte las lluvias cortas pero de intensidades mayores (convectivas), no le permite alcanzar al suelo suficiente capacidad de infiltración, y la saturación se dará sólo superficialmente. Esto hace que la mayor parte del agua no pueda más que escurrir.

Las variaciones temporales de la lluvia dependen del origen de la misma. Por ello es importante comprender qué fenómenos atmosféricos las originan, qué respuesta se puede esperar en la cuenca y verificarlo en campo, para obtener buenas conclusiones al respecto.

Condiciones especiales:

Algunas condiciones especiales que se pueden presentar en algún sitio que afecten de forma importante la forma en que se da el escurrimiento en un lugar son las siguientes:

- Geología: Afloramientos de rocas en estado de fracturamiento, capas de roca que transvasan agua percolada a otros sectores de la cuenca, fallas, etc. Estas condiciones permiten una percolación inmediata de grandes volúmenes de agua, esta puede o no aflorar dentro de la misma cuenca.
- Topografía: La topografía tiene una influencia indiscutible en el recorrido que hace el agua de escorrentía. Cuando se hace el análisis de fracciones de terreno muy pequeñas es muy fácil interpretar el escurrimiento, sin embargo no es lo mismo en grandes áreas, donde pequeñas deformaciones de la superficie tienden a concentrar el agua en sitios distintos para luego converger en otros puntos o luego bien la dispersa o la acumula.
- Variaciones antrópicas: El hombre modifica constantemente el entorno. Por ello este puede llegar a cambiar completamente el modelo de escurrimiento de grandes extensiones de terreno, por ejemplo en cultivos, carreteras, urbanizaciones, etc. No todos de estos cambios son positivos para el entorno. Un ejemplo de lo anterior es la creación de infraestructura de drenaje pluvial en urbanizaciones. En este caso se disminuye tiempo de concentración de el sector específico.

2.2. La ocurrencia de inundaciones

La impermeabilización de los terrenos hace que una porción cada vez mayor del agua precipitada escurra por la superficie del suelo sin que se pueda infiltrar. Por tanto los cauces y sistemas de conducción pluvial tendrán que transportar un volumen mayor de agua.

Por otra parte ocurre un proceso que probablemente es más impactante que el anterior, y es la reducción en los tiempos de concentración de la lluvia. Esto hace que el hidrograma del río o canal pase de ser más duradero y con caudales picos menores, a ser una creciente más corta y con caudales pico mucho mayores (Figura #5). Este evento tendrá un impacto más grande sobre el medio físico y social que el anterior.

Durante la época lluviosa del año 2000 se pudo observar en varios sectores de Montes de Oca, problemas de inundaciones. Estos son ocasionados por la inexistencia de sistemas de drenaje pluvial, por su incapacidad para manejar el volumen de agua que les llega o por su mal funcionamiento. Cabe destacar que los eventos de precipitación que se observaron en campo no fueron superiores a los eventos más extremos de lluvia que se han dado en Montes de Oca, como es el caso de la tormenta analizada por Jaubert en 1992 (Ref.5). Es decir las condiciones de lluvia pueden ser más críticas que las observadas durante la elaboración de este informe. Por ello es importante darle control al problema. Algunas de las zonas urbanas son muy planas lo que ocasiona que las inundaciones se deban al problema de diseño del alcantarillado o drenaje, el cual es deficiente si lo hubo.

El límite dado para las zonas de protección en ríos, se ha fijado en 5 metros desde cada lado del cauce principal o acequias si son intermitentes y de 10 metros si no son intermitentes (medidos horizontalmente). En caso de tener pendientes mayores a 25% en estas franjas de terreno no se permite ningún tipo de movimiento de tierras, terraceo ni construcción, para zonas urbanas. Por otra parte se exigen la realización de estudios hidrológicos que representen las condiciones aguas arriba y aguas abajo luego de realizar los cambios por la construcción¹. Por otra parte la Ley Forestal establece que para zonas no urbanizadas el límite de la zona de protección se extiende a 50 metros a cada lado del cauce (medidos horizontalmente). Sin embargo estos límites son demasiado generales y en algunos casos pueden ser insuficientes o muy exagerados. Además, valorando sólo aspectos topográficos del cauce, se puede prever que las zonas aledañas se inundarán. Es importante destacar al respecto, que se han observado varios casos en donde estos límites no han sido respetados, lo cual agrava el problema. Un aspecto adicional de mucha importancia que tiene relación con las inundaciones y zonas de protección de ríos, es la activación de deslizamientos en las laderas de los cauces. El agua en su paso genera erosión, socavación y lavado de los taludes que conforman el cauce de los ríos. Algunas de estas zonas no es posible que se inunden puesto que existe una gran diferencia de altura entre el río y la ubicación de las casas, pero si pueden presentar problemas de inestabilidad.

Según la Municipalidad², esta no cuenta con las herramientas legales y técnicas con las cuales se puedan exigir los requisitos necesarios a las empresas urbanizadoras y constructoras. Estas empresas tienen cierta libertad en sus diseños de alcantarillado pluvial. Según el Ingeniero Municipal el proceso que se sigue a fin de buscar solución a problemas que se presentan dentro de las propias urbanizaciones, es la denuncia. Cuando los problemas se generan por incapacidad de los alcantarillados pluviales públicos, la Municipalidad es la responsable. Por ello se debe tener especial cuidado en conocer con exactitud la red de colectores pluviales actual, para poder proyectar las demandas futuras y definir los cambios necesarios a la misma.

¹ Protección de ríos y drenaje pluvial, Capítulo 3, urbanizaciones. Código Urbano. 5 edición, 1995.

² Entrevista Realizada al Ingeniero de la Municipalidad de Montes de Oca, Austin González.

3. USO DEL SUELO EN MONTES DE OCA

El uso del suelo en Montes de Oca es principalmente urbano y terrenos con pastos y vegetación. La tabla #3, muestra los porcentajes de uso del suelo en los distritos del cantón. San Pedro presenta un uso intensamente urbano que desde el punto de vista hidrológico afecta a las cuencas del río María Aguilar y a la del Torres. El distrito de Sabanilla tiene aproximadamente un 65% de su área dedicada a uso urbano. Un 56% del distrito de Mercedes es usado también con fines urbanos. Sin embargo la suma de las áreas de estos tres distritos es casi igual que la de San Rafael, de la cual sólo un 12% tiene un uso urbano. La zona este del cantón, que es precisamente San Rafael está cubierta principalmente por vegetación ya sea cultivos, bosque o pastos. Además este último distrito forma parte de la cuenca alta del río Torres. Es difícil predecir cual es el aporte de agua de cada distrito al río durante una tormenta pues no se tiene conocimiento muy certero de cómo se distribuyen espacialmente ni temporalmente las lluvias en San Rafael ni cantones vecinos. Pero por el alto grado de impermeabilización que algunos de ellos tienen se puede predecir que el mayor volumen de agua se produce en ellos, adicionando el hecho de que estos concentran el agua en el río mucho más rápidamente que en comparación con San Rafael. Sin embargo los impactos acumulados por cambios de uso en el sector oeste del cantón serán menores, no así en el sector este. En la valoración de aspectos hidrológicos, tendrá mucho peso el tipo de cambios que se propongan en este sector. Ver Mapa #1 y 3.

Tabla #3: Uso del suelo en el cantón de Montes de Oca.

Tipo de uso	% San Pedro	% Mercedes	% Sabanilla	% San Rafael
Charral	2%	-	13%	1%
Cultivos	3%	6%	4%	17%
Forestal	8%	25%	17%	40%
Pastos y árboles dispersos	3%	14%	1%	30%
Urbano / Suelo desnudo	84%	56%	65%	12%

Fuente: Fotografías aéreas grupo Terra 1998, ProDUS.

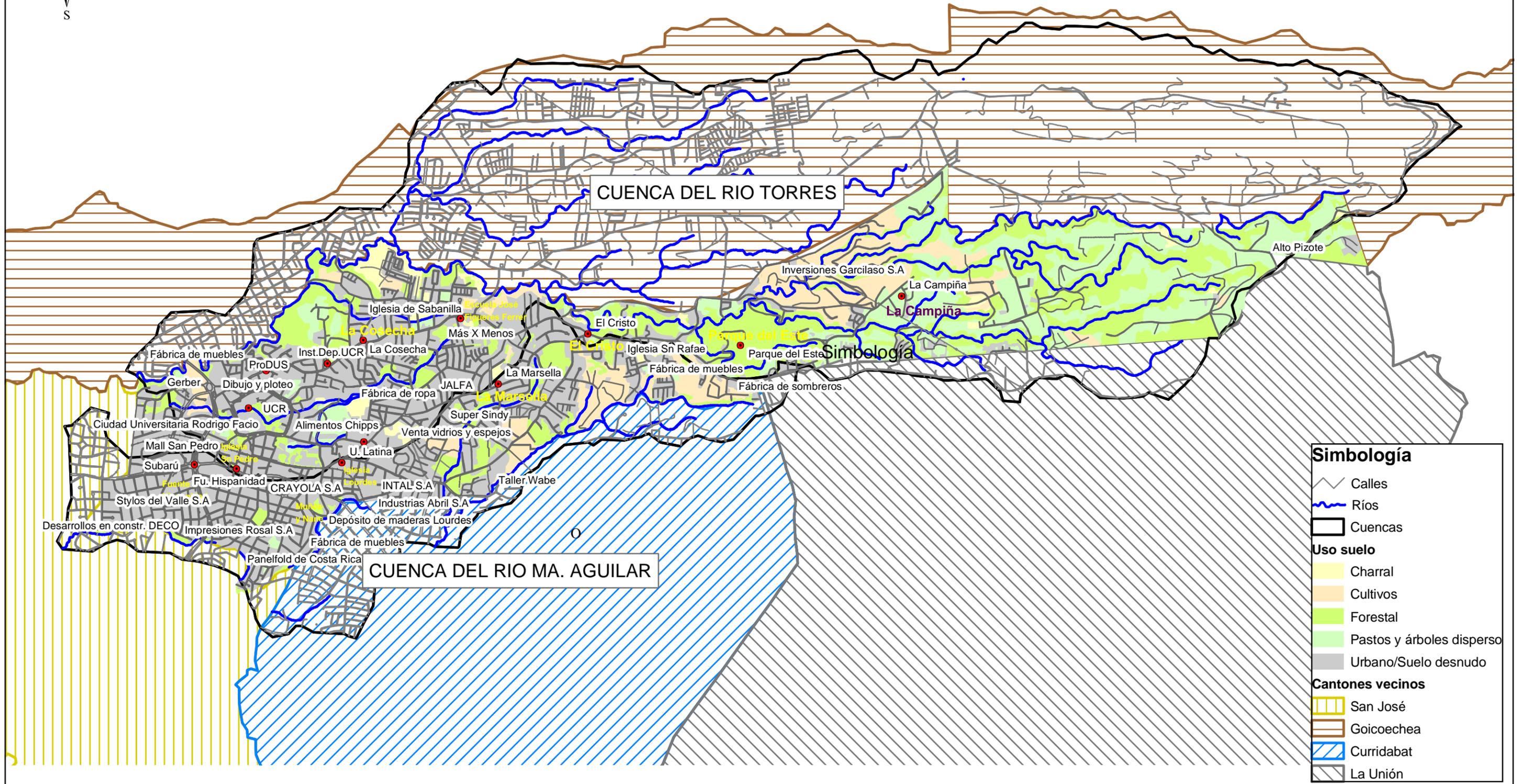
Características generales hidrológicas de las cuencas

Montes de Oca se ubica geográficamente sobre las cuencas de los ríos María Aguilar y el Río Torres. De estas dos la más importante para el cantón es la del río Torres. La tabla #4 muestra algunos valores que sirven para comparar ambas cuencas y que justifican la importancia que tiene el río Torres para Montes de Oca. Además este es el río que más se vería afectado por los posibles cambios en el uso del suelo en San Rafael. Ver mapa #1.

Tabla #4: Características de las cuencas de estudio

Característica	María Aguilar	Torres
Superficie	7,1 km ²	29,3 km ²
Perímetro	19,1 km	31,5 km
Índice de compacidad	2,0	1,6

El índice de compacidad es la relación existente entre el área de una cuenca y su perímetro. Conforme este índice se acerca a 1,12 la cuenca tiene una forma más



Simbología

- Calles
- Ríos
- Cuencas

Uso suelo

- Charral
- Cultivos
- Forestal
- Pastos y árboles disperso
- Urbano/Suelo desnudo

Cantones vecinos

- San José
- Goicoechea
- Curridabat
- La Unión

Mapa #1. Uso del suelo en Montes de Oca, cuencas de análisis y cantones vecinos

400 200 0 400 800 1.200 1.600 metros



circular. En este caso los valores son bastante altos, es decir, reflejan el hecho de que las cuencas comparativamente a otras son alargadas. Los ríos son en la mayoría de su longitud poco meándricos por lo que tienen velocidades relativamente altas. Son muy lineales por la configuración topográfica del terreno por el que pasan. Los suelos de la región son originados por la descomposición de lavas y lahares, es decir se trata de suelos arcillosos de permeabilidad media a baja. Además son aptos para actividades agrícolas es decir los espesores de suelo son de una profundidad mayor a los 2 metros.

Un punto de importancia que debemos evaluar es el caso del distrito de San Rafael cuya cobertura es principalmente forestal, pastos y cultivo. Sin embargo presenta áreas considerables que podrían ser urbanizadas, por tener pendientes favorables para los asentamientos humanos. Esto es peligroso por el impacto tan grande que tendría sobre el Río Torres. Además a las orillas de este río es donde más irregularidades se han observado en relación con la presencia de construcciones dentro de sus zonas de protección. Por ello es conveniente preservar al máximo las condiciones actuales del distrito e incrementar, hasta donde sea posible, la densidad urbana en los tres distritos más urbanizados de Montes de Oca. Sin embargo, la influencia de San Rafael sobre el río Torres es en realidad moderada por lo que las consideraciones antes expuestas se deben valorar también en los cantones vecinos, especialmente Goicoechea. En este caso es importante recordar que el comportamiento hidrológico del río depende del manejo que se haga a la cuenca. A pesar de eso, la valoración del impacto de los cambios en la cobertura de esta cuenca se hará dentro de los límites políticos del cantón, que es el área sobre la que, por ahora, se podría tener control legal.

El mapa #2 y 3, presenta algunos sitios sobre los ríos en que los límites de protección de ríos no se han respetado, así como algunos puntos clave, que se refieren a entradas de entubamientos, puentes, etc. que podrían ser afectados por los cambios aguas arriba antes citados, que consisten en un incremento en el volumen de agua de escurrimiento (caudal pico mayor) y la disminución del tiempo de concentración de las cuencas. Es importante citar como a pesar de que un cauce de un río pueda tener una gran capacidad de almacenamiento ante grandes crecientes, el comportamiento del río no estará exactamente definido por esta característica.

La presencia de puentes o entubamientos limita el paso del agua a la capacidad hidráulica en estos puntos, es decir, permite el paso de cierto volumen de agua y el resto que llega se almacena tras estas estructuras si no es que antes las supera en elevación. Para poder tener una mejor idea de cómo se da este proceso es necesario realizar una modelación hidrológica e hidráulica de cada cauce en particular, trabajo que queda fuera del alcance de este informe.

4. DESCRIPCION DE PROBLEMAS OBSERVADOS EN MONTES DE OCA

Alcantarillados a presión:

Los problemas hidrológicos que afectan a Montes de Oca son principalmente debidos al mal diseño de las estructuras de drenaje pluvial del cantón y a la mala disposición de las urbanizaciones y proyectos habitacionales en el área del cantón.

De visitas realizadas a campo se han podido comprobar distintos casos en que las estructuras de alcantarillado funcionan a presión, es decir a caudales mayores que los que se pueden desahogar a superficie libre. Esto es un grave problema porque las alcantarillas, normalmente, son hechas en concreto. Este es un material que se agrieta fácilmente cuando el agua que transporta esta a presión.

La fotografía #1³, muestra una alcantarilla ubicada frente a la biblioteca Luis Demetrio Tinoco en la Universidad de Costa Rica (UCR). Las alcantarillas, como se observa, estarán funcionando a presión. Esto acarrea problemas adicionales en la calle, pues si se estas se rompen, el agua se escapará de ellas y puede lavar el suelo donde se cimienta y ocasionar hundimientos. Esto se observó también en la calle frente a residencias estudiantiles, ubicada al Norte del barrio del Colegio Calasanz y el Liceo Vargas Calvo. (Fotografía #2).



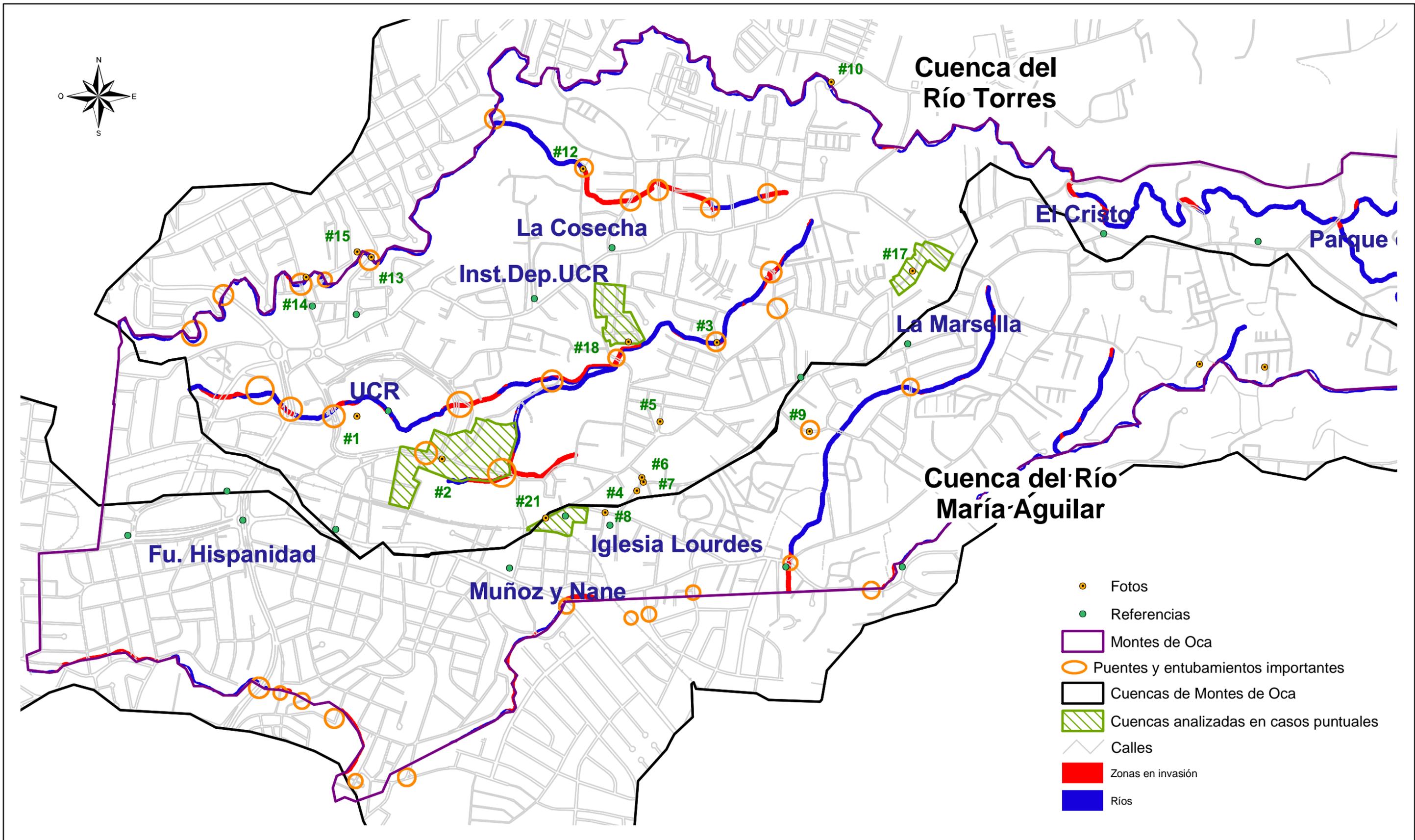
Fotografía #1: Pozo de registro frente a Biblioteca Tinoco, UCR.

Fotografía #2: Pozo de registro calle Norte Barrio Calasanz y Vargas Calvo.

Desagües:

Se han observado varios casos de desagües que funcionan muy mal. Las fotografías 3, 4 y 5 presentan, el caso del sector de Lourdes y en Monterrey. Algunos casos estos tienen pendientes muy pequeñas para desalojar rápidamente el agua que llega a ellas (fotos 3, 4 y 5), otras veces tienen muchos obstáculos lo que obliga al agua salirse (fotos 4 y 5) y otras veces la falta de mantenimiento ocasiona que el agua pase por cualquier lado menos por el desagüe (foto 3).

³ Los números de fotografías se encuentran representados en su ubicación real en el mapa #2.



Mapa #2. Algunos puntos importantes en el análisis de inundaciones en Montes de Oca



Fotografía #3: Urbanización Carmiol
Fotografía #4: Desagüe en Lourdes
Fotografía #5: Caso en Vargas Arava

Desechos sólidos:

Aunque no se mencionó para el caso anterior, una causa importante que afecta en el funcionamiento de las alcantarillas y desagües, es la contaminación con desechos sólidos. La basura se atraviesa en diversos puntos de los conductos, rejillas y cunetas reduciendo su capacidad hidráulica. Sin embargo también se observaron cajas de registro que no tenían rejillas y en estos casos la basura queda atorada dentro de las alcantarillas donde es más difícil de sacar. Las fotografías 6, 7 y 8 muestran algunos casos que ejemplarizan lo que se citó anteriormente.



Fotografía #6: Entrada de alcantarilla en Lourdes.
Fotografía #7: Depósito de basura. Otro caso en Lourdes.
Fotografía #8: Alcantarilla totalmente obstruida, Lourdes.

Entubamientos de quebradas:

Los entubamientos son tipos de estructuras muy conocidas en Montes de Oca y en casi cualquier cuenca urbana. Estas consisten de grandes ductos que recogen el agua de una quebrada o una fuente importante de agua para llevarla a otro sitio y poder urbanizar sobre el sitio donde el agua pasaba anteriormente. Además puede servir para hacer desvíos. Esto es permitido por el Código Urbano, pero agrega, que se le debe incorporar un canal que sirva para el control de crecientes extremas. (Ver referencia 3). Esto no es posible de hacer cuando las tuberías principales van a mucha profundidad, por el problema técnico que ello



Fotografía #9: Entubamiento en Quebrada Cas

significa. El problema principal que tienen los entubamientos es que manejan grandes volúmenes de agua y normalmente se construyen sin ningún tipo de sistemas alternos que le ayuden durante eventos extremos. Por ejemplo, si el caudal que llega al entubamiento es mayor que el que este puede soportar, podrían ocurrir inundaciones desde la entrada del conducto hacia aguas arriba. Igual ocurre cuando una quebrada encuentra en el camino puentes, que en lluvias muy intensas no permiten el paso libre del agua. Esto ha favorecido la ocurrencia de inundaciones. Pero principalmente los problemas se generan por la incapacidad hidráulica de los entubamientos. En la Quebrada Cas, existe un pequeño entubamiento que se muestra en la fotografía #9. Este sitio presenta inundaciones, pero en este caso, según los vecinos del lugar, se debe a que la entrada se llena de grandes obstrucciones lo que impide el paso del agua. Así el agua termina pasando por encima de la calle de lugar y por los patios de las casas cercanas. Habría que valorar si el conducto tiene la capacidad necesaria para conducir el agua que le llega.

Al diseñar entubamientos se debe tener mucho cuidado de valorar adecuadamente los posibles cambios en el uso del suelo aguas arriba del mismo, ya que esta es la mejor precaución que se puede tener.

Inexistencia de sistemas de drenaje:

Este es un caso que se puede observar en algunas zonas de depresión pequeñas donde no se han realizado desagües que permitan evacuar el agua de lluvia. Este es un caso que se observó en Cedros, frente al salón comunal del sitio. El agua alcanza el nivel de las aceras, lo cual impide el tránsito de las personas. Cuando se supera el nivel de la misma el agua escurre hasta salir por las gradas mostradas en la fotografía. El volumen de agua que pasa por ahí es bastante grande, al punto que al bajar por las gradas se asemeja a una pequeña cascada. Luego el agua llega a la acera, la cual tampoco tiene un desagüe, impidiendo el paso de los peatones durante algunas lluvias, especialmente niños de una escuela cercana. La solución que la Municipalidad le dio al problema fue también inadecuada, al desviar el agua hacia la cancha de básquetbol detrás el salón comunal. Para agravar la situación, la municipalidad ha lanzado y permitido lanzar escombros y basura en las zonas verdes al norte del salón comunal que se muestra en la fotografía.



Fotografía #10: Caso de inundaciones en Cedros

Invasión de zonas de protección:

Según se comentó brevemente en el apartado 2.2, las zonas que presentan invasión por construcción y aún algunos sitios que cumplen con este requisito legal, pueden sufrir los impactos de crecientes de las quebradas o ríos durante aguaceros fuertes. Los dos impactos más importantes son: Inundaciones y deslizamientos. El primero ocurre cuando el nivel del agua de la quebrada supera el nivel máximo del cauce por donde

pasa el río. Esto puede ocurrir en sitios urbanizados aún cuando estos respetan el área de no construcción señalado por ley. Las fotografías 11, 12 y 13 son ejemplos de esta posibilidad.



Fotografía #11: Casas en Calle Mora

Fotografía #12: Casas en Quebrada Patal, Salitrillos

Fotografía #13: Casas en Quebrada Sabanilla

El segundo caso, no menos importante, se presenta cuando se construye cerca de taludes muy verticales que son parte del cañón del río. El paso del agua, especialmente durante crecientes, produce la socavación de estos taludes induciendo procesos de inestabilidad. En Montes de Oca también se observaron casos de estos. Al igual que en el primer caso, puede ser que las franjas de protección de ríos se hayan respetado. Las casas que normalmente se ubican en zonas de riesgo son de interés social, pero no son el total de los casos. Algunas veces se pueden presentar ambos casos combinados lo cual hace más crítica la situación. Las fotografías 14, 15 y 16 son sólo unos pocos ejemplos. Por otra parte la fotografía #16 muestra un talud que debió ser protegido para evitar problemas mayores. En el sector este de la Universidad están ubicadas unas



Fotografía #14: Viviendas ubicadas en la margen del río Torres.

Fotografía #15: Un caso en el río Torres. Es afectada por socavación.

Fotografía #16: Taller ubicado en la margen del río Torres.



Fotografía #17: Gaviones de protección en Urbanización Vazquez Dent.

casa que interfieren peligrosamente el curso normal de la quebrada. Esta situación puede causarle problemas a los habitantes de estas casas y a los de sitios cercanos si llega a obstruir el paso del agua en forma muy significativa durante fuertes aguaceros.

A modo de resumen general, a partir de las observaciones realizadas se destaca lo siguiente:

- Según el ingeniero Austin González⁴, la municipalidad no tiene actualmente la posibilidad de intervenir en los diseños de los alcantarillados propuestos por los urbanizadores. Esto se debe a que el diseño de los alcantarillados es competencia del desarrollador y no se le puede definir reglas ni violar su libertad de decisión. Al contrario la experiencia ha sido de que se le han puesto recursos de amparo, por la interferencia de la Municipalidad. Cuando los problemas de inundaciones son internos (a nivel de urbanización) deben ser reportados vía denuncia. Pero si estos se deben a incapacidad de las estructuras de desagüe públicas, la municipalidad puede ser acusada de no proveer a la población de las servicios públicos necesarios para el buen funcionamiento de la ciudad. Para que la Municipalidad pueda retomar su injerencia en cuanto a las decisiones que los ciudadanos y desarrolladores toman, es necesario tener en cuenta los puntos que se citarán a continuación, de acuerdo al equipo ProDUS.
- Los problemas de inundaciones dentro de las zonas más urbanizadas tienen su origen en los defectos de diseño de las instalaciones de drenaje pluvial. Por tanto es necesario definir con claridad los parámetros hidrológicos e hidráulicos con los cuales diseñar las nuevas estructuras de drenaje y corregir las actuales.
- La Municipalidad, ente encargado de la ejecución del Plan Regulador, y encargado de brindar los permisos de construcción, debe poseer las herramientas y datos necesarios para poder valorar adecuadamente el impacto de las construcciones sobre el sistema actual de alcantarillado pluvial. Esto se haría a fin de planear certeramente sus estrategias a corto, mediano y largo plazo en este campo. Una de los principales requerimientos de la Municipalidad es la de tener un inventario bien completo y actualizado de toda la red de drenaje pluvial del cantón.
- Otro aspecto importante que afecta en la problemática de inundaciones tiene relación con el uso del suelo del cantón. La zona este de Montes de Oca tiene un uso poco impactante en la hidrología de los ríos Torres y María Aguilar. Pero si no se ejerce control sobre los cambios en el uso del suelo de este distrito, su impacto en la hidrología de la zona puede llegar a ser muy significativo. Además, la cuenca del río Torres no está ocupada totalmente por San Rafael. Goicoechea ocupa un área mayor dentro de esta cuenca (para efectos de impactos dentro de Montes de Oca). Por ello se debe prever el impacto de un mal uso del suelo también en los lugares vecinos. Posteriormente se comentará más a fondo este aspecto.

⁴ Ingeniero a cargo en la Municipalidad de Montes de Oca, durante la elaboración de este informe.

5. ANÁLISIS DE CASOS PUNTUALES

En este capítulo se hace un breve análisis de algunos casos específicos observados en Montes de Oca. Lo que se pretende es hacer la evaluación de algunas estructuras pluviales que han tenido un desempeño malo durante la época de lluvias en años anteriores. Para ello, para algunos casos, se incluye un cálculo aproximado de caudales y del área de aporte de aguas para los puntos críticos. Los datos que se obtienen no son precisos, pero permiten visualizar con suficiente claridad, cuáles estructuras necesariamente requieren cambios o podrían necesitarlos en el futuro. Análisis semejantes o más completos se podrían hacer en otros lugares del cantón. Para la evaluación de las estructuras específicas fue necesario obtener algunos datos de pendientes de las tuberías así como su ubicación y diámetro (o forma) de las mismas. Estos datos son indispensables para valorar el comportamiento hidráulico de la estructura analizada.

La mayor parte de las inundaciones que se presentan en las zonas urbanas de Montes de Oca son casos puntuales. Una de las principales razones de este mal funcionamiento tiene que ver con la forma en que se distribuyen los alcantarillados en las áreas urbanas en general. En cuencas urbanas, el tiempo de concentración es muy corto, pero es aún menor para las urbanizaciones, si estas se analizan independientemente del resto del sistema. Puede ser que el tiempo de concentración de una urbanización sea máximo de 5 minutos. Esto hace que sean muy susceptibles a las variaciones en la intensidad de las lluvias. Esto se muestra en la siguiente figura la cual corresponde al gráfico de Intensidad – duración y frecuencia de las lluvias máximas (tormentas) registradas en la estación Sabanilla. De ahí se observa como para lluvias de corta duración las intensidades pueden llegar a ser muy altas que las usadas normalmente en un diseño. Las lluvias varían constantemente su intensidad y habrá momentos en que estas alcancen valores muy altos en períodos cortos de tiempo.

El valor de intensidad de lluvia que se usa en este documento para hacer las evaluaciones es 130 mm/hora. Este se obtuvo de los mapas de isointensidades de precipitación en la cuenca del Río Virilla elaborados por el Ingeniero Rafael Murillo (Ref. 7). Se considera que este valor es adecuado de acuerdo al trabajo realizado por Marcos Jaubert en 1992 (Ref. 5). En este trabajo se hizo una simulación hidrológica de la Quebrada los Negritos haciendo uso de un hietograma de un evento de lluvia que causó muchas inundaciones y daños. Por otra parte, corresponde a la intensidad de lluvia en un período de 10 minutos. Además resulta un valor moderado para hacer una evaluación de condiciones normales de servicio, es decir de corto plazo, a fin de determinar con mayor facilidad cuáles estructuras definitivamente requieren cambios.

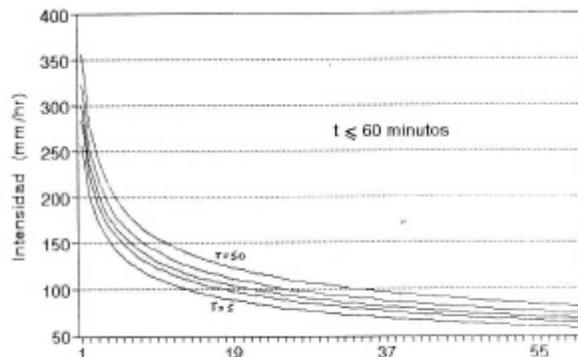


Figura #5: Curva de intensidad – duración – frecuencia de la estación Sabanilla. Ref. 5

Otros aspectos adicionales a tomar en consideración son los siguientes:

- Los hidrogramas de cuencas urbanas, como ya se mencionó, se afectan durante una tormenta por un tiempo menor que en otros tipos de cuencas. Además los caudales pico registrados serán mayores. De tal forma que la optimización en el funcionamiento de cierto sector de tuberías pluviales urbanas tendrá inevitablemente un hidrograma con esa forma.
- La optimización de un sistema local de drenaje pluvial, no es necesariamente óptimo para la cuenca en general. Esto se debe a que el colector principal (río o quebrada) tendrá que soportar el impacto generado por los incrementos de caudal, casi instantáneos, a lo largo de su recorrido. Contrario a lo anterior, las inundaciones locales, hacen que el río tenga una respuesta más lenta ante lluvias muy intensas, puesto que el agua no sale inmediatamente al río sino que se acumula en las calles, depresiones y otros lugares. A veces la suma total de estos volúmenes que no van al río inmediatamente al llover, puede ser muy grande. En este caso se pretende mejorar al máximo las condiciones locales y globales, con el mínimo admisible de recursos.
- Las evaluaciones que aquí se realizan suponen que las tuberías tienen continuidad suficiente y que se encuentran en buenas condiciones físicas. Claro está que los pozos de registro deficientes o inexistentes, la contaminación con desechos sólidos y otras anomalías, pueden ser suficientes para causar un mal funcionamiento de las tuberías pluviales.

CASO 1: Calle del “Chorro”:

Descripción:



Figura #6: Calle del Chorro

La calle conocida como “del Chorro” se ubica en el barrio con el mismo nombre, al Noreste de Cedros. El barrio pertenece al distrito de Sabánilla. Este ha presentado frecuentemente desbordamientos de aguas pluviales durante la ocurrencia de eventos extremos de precipitación. De una visita realizada a campo se logró observar que las alcantarillas van alineadas con la calle mencionada. Se puede dividir en 4 tramos principales: El primero de ellos es en la parte más alta del terreno donde se presentan altas pendientes mayores al 15%. En este trecho el agua escurre por una conducción de alcantarillas de concreto de sección circular de aproximadamente 55 cm de diámetro. El tramo 2 tiene el mismo tipo de alcantarillas pero la pendiente es menor, con un promedio de 12%. Luego estas alcantarillas desembocan a un desagüe, al lado de la carretera. Este no tiene recubrimiento, está obstruido en varios puntos, tiene un alineamiento muy irregular y contiene muchos desechos sólidos. La pendiente de este tercer tramo se estima en un 9%. Finalmente, el agua que proviene desde las partes altas y la que se va agregando pendientes abajo se encauza en un alcantarillado de 40 cm de diámetro. La pendiente característica es 5%. (Ver figura 6).

Algunos detalles importantes de anotar en relación con este caso específico son los siguientes:

- No existen pozos de registro en los tres primeros tramos de la conducción pluvial anteriormente descrita.
- En los tres primeros tramos la alcantarilla va enterrada a poca profundidad. Esto hace que las uniones de las alcantarillas, y estas mismas, sean muy susceptibles a la meteorización provocada por el ambiente, entre otras cosas. Esto se notó de la visita a campo en donde en el segundo tramo el agua salía por debajo de la alcantarilla y no por dentro de ella. Se presume que dentro de ella debe haber algún hueco o grieta por donde se escapa el agua.
- El flujo se encauza en unas alcantarillas al parecer bien construidas (tramo 4) pero con dimensiones menores a las requeridas para un buen funcionamiento hidráulico.
- Finalmente, se sabe que un volumen importante del agua que escurre en verano es producto de una naciente de agua cercana. Es decir que al volumen de agua que escurre por el efecto de las lluvias se le debe agregar este último.



Fotografía #18: Alcantarillado de la Calle del Chorro: A. Inicia con 60 cm de diámetro, B. no tiene cajas de registro y C. desemboca en un desagüe en malas condiciones.

Los datos que se muestran en la tabla son el resultado de un análisis hidráulico e hidrológico simplificado del caso descrito. En este se estimó cuál podría ser el volumen de agua que puede presentarse durante una tormenta y se comparó con el que las estructuras actuales son capaces de evacuar. Los datos obtenidos se resumen en la tabla.

Tabla #5: Datos comparativos de funcionamiento de las estructuras hidráulicas en la calle del Chorro.
Caudal máximo estimado 682 l/s

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
Caudal Máximo esperado (litros/segundo)	136	273	341	682
Pendiente de la tubería	16%	12%	9%	5%
Caudal de tubería llena (litros/segundo)	1510 l/s	1310 l/s	230 l/s	470 l/s
% Excedencia	0	0	22%	46%

Comentarios:

Por las condiciones citadas anteriormente se puede justificar la ocurrencia tan frecuente de inundaciones que se presentan en el sitio en época lluviosa. La tubería de 55 cm resulta ser muy grande en los sitios donde se está utilizando, que son trechos de alta pendiente y la cantidad de agua es menor. Esto contrasta significativamente con los sectores de tubería con menor pendiente donde se utilizan diámetros menores. Una menor pendiente de la tubería reduce su capacidad. Por otro lado, en el sector de desagüe que se denominó como sector 3, por escurrir el agua directamente sobre el suelo, y en condiciones muy irregulares, le impide al líquido alcanzar mayor velocidad y

por tanto se retrasa su salida con respecto a la entrada de agua que viene de las alcantarillas. En caso de que se presente una tormenta de alta intensidad, en este tramo muy probablemente se desbordará el agua hacia la calle.

Algunas recomendaciones son: a corto plazo, construir las cajas de registro requeridas y reparar los desagües ampliándolos y revistiéndolos. Además eliminar las obstrucciones tales como entradas a las casas haciendo otro tipo diferente. A largo plazo se debe pensar en cambiar el alcantarillado existente por otro que tome en cuenta los aspectos hidrológicos e hidráulicos del sitio.

CASO 2: Urbanización Carmiol 2:

Descripción:

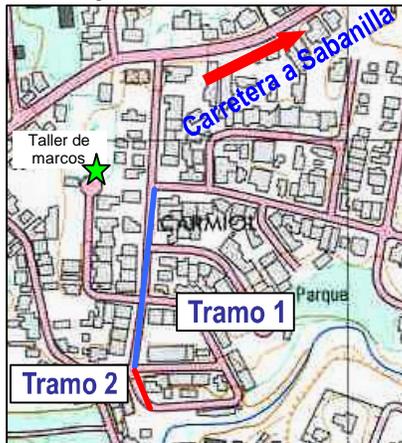


Figura #7: Urbanización Carmiol

Esta urbanización se ubica en el barrio Carmiol 2, en el distrito de Sabanilla. Las siguientes fotografías corresponden a esta urbanización. Según habitantes del lugar se han presentado problemas de inundación. Esta urbanización se puede dividir en dos tramos de tubería como se muestra. Las zonas de mayor pendiente (12%) tienen un alcantarillado principal que recibe las aguas de las urbanizaciones en un recorrido de aproximadamente 250m. Este es el tramo #1. Se puede predecir que el volumen será alto por tratarse de una zona urbana y además su tiempo de concentración será corto. Sin embargo la pendiente del terreno cambia radicalmente en los últimos 50 metros (tramo #2) a un valor menor de 2%. La pendiente natural del terreno se puede considerar igual a la de la tubería,

para efectos prácticos. La topografía en las zonas aledañas al cauce es bastante plana. Esto se observa de la calle mostrada en la fotografía 19.a. Esta calle también tiene una pendiente menor al 2%. La calle es aproximadamente paralela al cauce. Por ella se conducen las aguas recolectadas en la vertiente este de la urbanización y la traslada al mismo punto de salida de la tubería mencionada anteriormente. La alcantarilla de salida es de 55 cm de diámetro y se observa en la fotografía 19.b.



Fotografía #19: A. Topografía plana de sus calles. B. Salida de las aguas del lugar. El exceso de agua y la socavación del río provocó el deslizamiento de su cabezal.

Tabla #6: Datos comparativos de funcionamiento de las estructuras hidráulicas Urbanización Carmiol.

	Tramo 1	Tramo 2
Caudal Máximo (litros/seg)	793	991
Pendiente de la tubería	12 %	2%
Caudal de tubería llena (l/s)	2130	870
%Excedencia	0	14%

Comentarios:

Los problemas de esta zona corresponden a un mal diseño hidráulico del alcantarillado pluvial. Al ser la zona cercana al desfogue de estas tuberías de menor pendiente no cabe duda que se generará un aumento en el nivel del agua que se mueve dentro de las mismas. Este incremento de nivel del agua puede ser tan importante que lleve a las alcantarillas a funcionar a plena capacidad. De esta forma se produce un retraso en la salida del agua. Durante tormentas de alta intensidad la entrada de agua al sistema es mayor a la capacidad de la única alcantarilla de salida para evacuarla, por lo tanto el volumen rechazado se devolverá a superficie por los pozos de registro y se acumulará en la zona más plana de la urbanización provocando inundaciones. El excedente será evacuado posteriormente cuando la alcantarilla se encuentre menos saturada.

Para esta es recomendable cambiar el tamaño del ducto de salida o bien construir una salida alterna, pues la incapacidad del tubo existente es el principal causante de los problemas de esta urbanización.

CASO 3: Calle Norte de la Iglesia de Lourdes

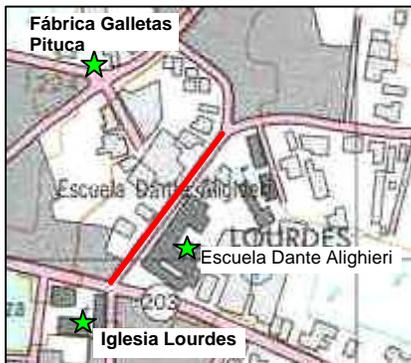


Figura #8: Calle al Norte de Iglesia de Lourdes

Descripción:

La calle de la que se habla se puede observar en la figura #8. Esta comunica a Lourdes con Vargas Araya. La fotografía #20 muestra los efectos de una lluvia de intensidad moderada en el sitio, así como las estructuras de desagüe existentes en el sitio. La calle tiene una pendiente baja (menor a 2%). El agua se recolecta en dos desagües ubicados en cada lado de la calle. Recibe las aguas procedentes de dos calles al norte que se muestran en la figura #8. Se observó como tenían acumulaciones de materiales finos como arena y piedras de tamaño pequeño y una gran cantidad de obstrucciones físicas tales como salidas de automóviles. En algunos pequeños tubos que se han

colocado bajo las entradas de los garajes, se acumulan desechos sólidos, que impiden el paso libre del agua.

Comentarios:

Las inundaciones son bastante predecibles, por las condiciones descritas, tanto en este sitio como otros similares, además es necesario agregarle el hecho de que los desagües no tienen la capacidad suficiente para evacuar todo el caudal que llega hasta ellos. El problema de contaminación con desechos sólidos complica, aún más, el funcionamiento de estas estructuras.

De este desagüe es necesario eliminar el tipo de salidas de garaje existentes que impiden el paso del agua, cambiar el tamaño de los desagües y tener mayor control por medio de rejillas en los tragantes y entradas de cajas de registro o alcantarillas de los desechos sólidos.



Fotografía #20: Los problemas son debidos al mal mantenimiento y a la insuficiente capacidad de las estructuras mostradas. Lourdes

CASO 4: Calle frente a facultad de educación UCR.

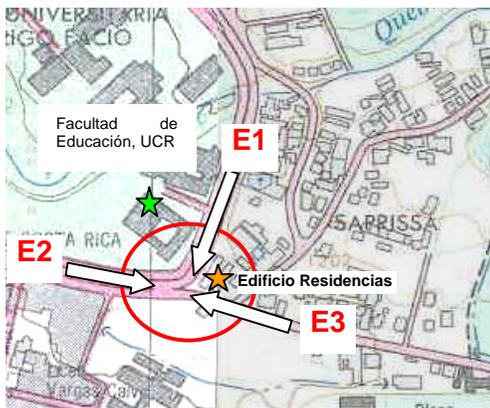


Figura #9: Zona de la UCR, alrededores a Facultad de Educación.

Descripción:

La facultad de Educación de la UCR se ubica al sureste del Campus Universitario Rodrigo Facio. Esta zona se caracteriza por ser una depresión natural que concentra las aguas procedentes del LANAMME y el Liceo Vargas Calvo – E3 – (figura #9), los terrenos al frente del Parqueo de la Facultad de Educación – E2 – y además las procedentes de la zona Norte de dicha facultad – E1 –. Las pendientes sin embargo son relativamente bajas, lo cual dificulta la posibilidad de darle, a las tuberías, las pendientes adecuadas para mejorar su eficiencia. Por otra parte el pozo de registro

ubicado frente a uno de los edificios de residencias (señalado en figura #9), durante lluvias de intensidad moderada se ha desbordado. Esto se muestra en la fotografía #21.

La tabla #7 muestra el análisis de estas tuberías y el caudal que se estima esta llegando a la tubería principal. Este se toma como la suma de las máximas capacidades individuales de las alcantarillas afluentes.



Fotografía #21: Funcionamiento de alcantarilla durante una lluvia de intensidad moderada. Edificio de Residencias,UCR.

Tabla #7: Capacidad de funcionamiento del alcantarillado frente a la Facultad de Educación, UCR

	* Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Salida
Pendiente de la tubería	4%	2.5%	3.5%	2.5%
Diámetro de la alcantarilla	40 cm	60 cm	60 cm	80 cm
Caudal de tubería llena	390 l/s	900 l/s	1070 l/s	1940 l/s

Caudal total afluente	2350 l/s
Caudal máximo efluente	1940 l/s
% excedencia	21%

* Entradas: observe diagrama anterior

Comentarios:

El mal funcionamiento de estas tuberías corresponde especialmente a un problema de diseño de la estructura que recibe el total de los flujos y la lleva conduce hacia el cauce más cercano (Quebrada Negritos), ubicado al oeste de la facultad de Educación. La capacidad insuficiente de estas estructuras provoca que el agua sea devuelta a superficie por los pozos de registro de las tuberías que convergen ahí. Por las condiciones topográficas, el agua se “empoza” ocupando un área importante de calles y zonas verdes cercanas.

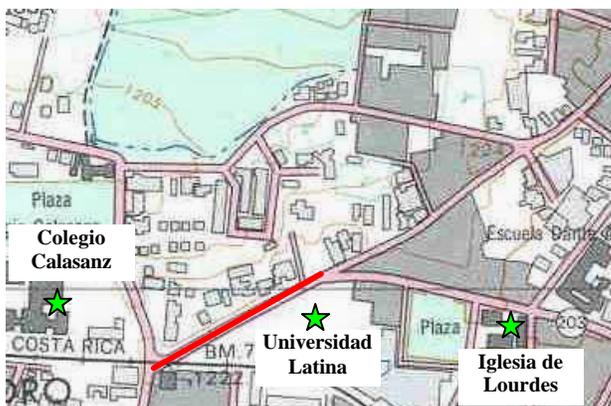


Figura #10: Calle frente a la U. Latina, Lourdes.

Se requiere para esta zona hacer un estudio hidráulico mucho mejor detallado a fin de colocar las tuberías más adecuadas en tamaño y ayudar a la eliminación de este problema. La inversión que se requiere es de mucha importancia.

CASO 5: Calle frente a Universidad Latina

Descripción:

La Universidad Latina, se ubica al oeste de Lourdes. La calle Norte de dicha Institución ha presentado problemas de inundaciones. Ver figura #10. Esta es una zona muy plana donde la pendiente del terreno en dirección de esta calle es cercana a un 1% y drena de oeste a este. En este caso los problemas se originan por un diseño inadecuado del sistema hidráulico y por el poco cuidado que se tuvo al detallar, constructivamente, las distintas partes del mismo. La calle tiene 2 desagües laterales. Uno de ellos desemboca en una tubería que baja por una calle que es el límite oeste del colegio Calasanz. El otro volumen de agua es evacuado por una tubería que se une a un colector principal por el sector de Muñoz y Nane. Los casos reportados en la U Latina, describen que el agua ha alcanzado niveles que superan el nivel del asfalto y el de las aceras. Es probable que ambos desagües son insuficientes para sacar toda el agua pluvial que se genera en las áreas aledañas. La fotografía #22 muestra algunos detalles de las estructuras hidráulicas observados durante una gira de campo. Se analizará la capacidad de la tubería de salida que vierte sus aguas hacia Muñoz y Nane. Esta tiene un diámetro de 45 cm y es de concreto. Sin embargo se le colocó concreto en la entrada de la misma lo cual reduce la entrada a una sección rectangular de 40x45 cm (fotografía 22.a)



Fotografía #22: A. Entrada de alcantarilla al final de la calle en estudio. B. Desagües muy mal hechos, C. Tragante más alto que el nivel del desagüe.

Tabla #8: Estimación del funcionamiento de la alcantarilla de desagüe frente a la U Latina

Caudal de entrada: 520 l/s

Pendiente de la tubería:	0.015
Caudal de la tubería llena	0.41
%Excedencia	27%

Comentarios :

La calle analizada presente serios problemas de incapacidad de sus sistemas hidráulicos pluviales, agudizados por la creciente urbanización de las zonas aledañas. Entre algunas observaciones hechas al alcantarillado se destacan las siguientes: la baja pendiente de las tuberías, las obstrucciones de las mismas con desechos sólidos, la colocación de tuberías con diámetros menores a los requeridos, la mala ubicación de las captaciones de las aguas pluviales (tragantes de cajas de registro). Prioritariamente se deben construir desagües con mayor capacidad a los actuales y usar más cajas de registro que las existentes.

6. OBRAS DE CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBSUPERFICIALES

Es importante conocer el recorrido que hace el agua sobre el terreno para poder aplicar obras que ayuden a controlarlo lo más eficientemente y eficazmente posible.

El agua como es lógico escurre siempre en dirección de los terrenos de mayor pendiente o de acuerdo a las restricciones topográficas que encuentre en el camino. Este aspecto tiene una gran influencia en lo que al principio se definió como cuenca hidrográfica. Tanto para el caso de grandes extensiones de terreno, como para pequeñas áreas, es importante determinar la forma en que se producirá el escurrimiento sobre el suelo.

Las obras de drenaje pluvial se pueden dividir en dos grandes grupos: obras de intercepción o captación y las de desagüe. Las primeras cortan la trayectoria del agua por tanto cortan el flujo en su dirección natural y lo desvían hacia otro canal colector principal. Además deben poseer una pendiente mínima que permita que el agua fluya hacia los otros desagües colectores sin que se produzca la sedimentación de materiales finos en el fondo del mismo ni el estancamiento del agua, pero tampoco la erosión o desgaste del canal o estructura usada. Por tratarse de obras de intercepción las velocidades del agua no deberían ser muy grandes en comparación con la de los colectores o desagüe, pues además, manejan volúmenes pequeños de agua. Estos últimos en cambio, reciben el agua de los colectores y la conducen rápidamente fuera del terreno. La cantidad de líquido que transportan es mucho mayor que los anteriores y pueden presentar problemas de altas velocidades de flujo pudiendo erosionar las estructuras que sirven de canal. Este tipo de obras deben permitir un desalojo del agua, lo cual es ventajoso a nivel de un pequeño territorio. Pero a nivel más grande, es decir de una cuenca o subcuenca, ocasiona el problema de que disminuye abruptamente el tiempo de concentración de esa zona. Existen formas alternativas de drenar un terreno que aunque requieren más trabajo e inversión, son más benéficas para la cuenca en general. Estas se comentarán luego.

Los subdrenajes consisten en sistemas de control de agua subsuperficial, interceptan especialmente agua infiltrada en capas de suelo superficiales, que proviene de tormentas acaecidas recientemente. Esta agua fluye de acuerdo a las condiciones de flujo en medio poroso. Toda el agua que no puede ser retenida por el suelo se moviliza hacia otros sitios de acuerdo a la pendiente y forma de esa capa de suelo. Los drenes interceptan esta agua y la sacan con mayor rapidez del suelo, puesto que los drenes se hacen con materiales granulares con una alta permeabilidad. Estos son empleados a fin de mejorar las condiciones de estabilidad en el suelo. Por ejemplo suelos con espesores importantes de material orgánico, acumularán una gran cantidad de agua de lluvia, pues estos suelos, por su permeabilidad y su estructura, retienen mucha agua. Al hacer el análisis hidrológico de una región, el caudal al pico y el tiempo transcurrido desde el inicio de la tormenta hasta que este se presenta, está determinado casi totalmente por el escurrimiento superficial.

El flujo subsuperficial aún cuando puede ser relativamente grande, se desplaza a velocidades mucho menores que el agua superficial, por tanto no afectará significativamente durante una creciente. No por ello deja de ser importante, pues la capacidad de almacenamiento de un suelo puede ser muy grande. Esta es una ventaja adicional de la presencia de territorios cubiertos con vegetación. Para el caso de Montes de Oca es importante recordar la influencia que tiene San Rafael en este aspecto. De

acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente, se puede mejorar todavía más el comportamiento de la cuenca si se aplican sistemas adecuados de drenaje en zonas de cultivos, y si se realizan algunos cambios positivos en la cobertura del suelo, por ejemplo, incluyendo otros tipos de vegetación. El objetivo último de todos estos posibles cambios es: disminuir, hasta donde sea posible, la cantidad de agua de escorrentía y hacer cada vez mayor el tiempo de concentración de la cuenca. Los siguientes puntos presentan diversas formas de controlar el escurrimiento de agua. Pero se deben dividir de acuerdo a su posibilidad de utilización: Bioingeniería y biotecnología en terrenos aún no urbanizados, y otros sistemas de control de inundaciones para zonas urbanizadas.

6.1. Metodologías basadas en el uso de vegetación

En el análisis de conducciones hidráulicas se utiliza mucho el término de fricción hidráulica. La resistencia a lo largo del contacto de la corriente de agua con el suelo se le llama fricción, la cual forma turbulencia en la corriente. Dependiendo de las características físicas del suelo en contacto con el agua, la rugosidad puede llegar a ser mayor o menor y variar la velocidad, dirección y tipo de flujo que se dará. Dos situaciones pueden ser controladas sacando provecho de la rugosidad: la velocidad del agua sobre el suelo y debido a esta misma circunstancia la disminución de la vulnerabilidad a la erosión del mismo.

El uso de la vegetación adecuada en una forma técnicamente provechosa puede ayudar a proteger fácilmente el suelo y a aumentar el tiempo de concentración de las cuencas y hasta pueden aplicarse directamente sobre las riveras.

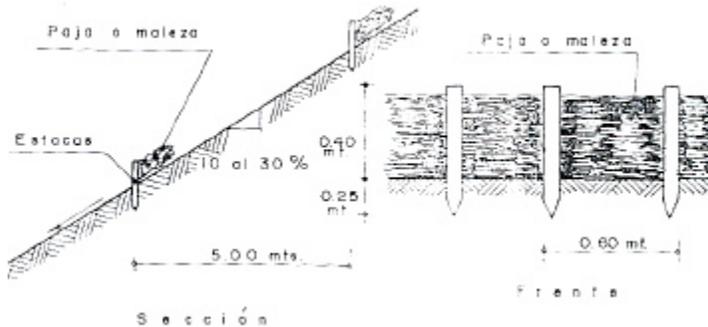
La figura #4, que se mostró al principio de este documento, permite estimar las variaciones esperadas en el tiempo de concentración en cuencas con diferentes tipos de cobertura. La pendiente de una ladera tiene una gran influencia en la velocidad que alcanza el agua sobre ella y tienen una relación directamente proporcional, es decir, si aumenta la pendiente, aumentará la velocidad del agua. Por otra en la mayorías de las zonas urbanas de Costa Rica existe un porcentaje de zonas verdes pequeño, de tal forma que el uso de vegetación para controlar la escorrentía es irrelevante. Estas zonas tienen un coeficiente de escorrentía de 0,9. Por ello la aplicación de sistemas de vegetación no afectará significativamente el tiempo de concentración de la cuenca. El agua que escurre desde un lote llega rápidamente a un sistema colector que transporta el agua a un sistema principal de conducción pluvial y se descarga en un cierto lugar del río. De esta forma cualquier cambio en el manejo de aguas pluviales dentro de un lote es realmente inútil.

La vegetación puede ayudar a controlar la escorrentía cerca de laderas de cauces no urbanizados como zonas de protección de ríos o en algunos parques urbanos de gran extensión que permitan la construcción también de tanques de almacenamiento de agua para funcionar en casos de lluvias intensas. Pero su aplicación depende en forma muy importante de la pendiente del terreno que se va a proteger. Si estas son muy pronunciadas los sistemas vegetativos pueden ser inefectivos y hasta contraproducentes. El distrito de San Rafael tiene terrenos donde la aplicación de estas medidas puede ser muy intensiva, por el tipo de uso que estos tienen. Las zonas verdes tienen un coeficiente de escorrentía cercano a 0,5 y a veces menor. Es decir un área donde el 50% se considera permeable y el resto impermeable, significa que la primera aporta un 33% del total de agua de la cuenca. El control del escurrimiento en estas zonas es muy significativo pues se puede disminuir considerablemente el volumen de

agua que durante una tormenta se genera en la zona, y además lograr que llegue hasta los ríos suficiente tiempo después de que el caudal pico se presente en las zonas bajas.

El uso de sistemas como los que se mencionan en este apartado será totalmente inútil en zonas urbanas, puesto que la mayor parte del agua es canalizada por alcantarillas y desagües. En cambio si se trata de zonas donde el agua escurre principalmente por los terrenos tales como repastos, cultivos, márgenes de ríos, etc. los sistemas que se proponen serán muy útiles.

Barreras semipermeables:



Para disminuir la velocidad del agua en una ladera o en un cuerpo de agua se utilizan barreras de desechos tales como paja y ramas de árboles o maleza anclados al suelo con estacas de madera. Estos elementos actúan como filtros superficiales produciendo la sedimentación de pequeñas cantidades de suelo que el agua acarrea, al mismo tiempo que disipan la energía de la escorrentía.

Figura #11: Detalle típico de las barreras semipermeables. Ref.9

Son estructuras temporales y en algunos casos son arrastradas por el agua si la velocidad de esta es muy alta, se les utiliza en taludes de pendientes del 10% al 30%. Estas barreras también se acostumbra hacerlas en caña, bambú o fibras vegetales tejidas y en ocasiones se colocan mallas metálicas o plásticas. Ver figura #11.

Fajinas:

Las fajinas son manojos de ramaje de diámetro 0,20 y 0,40 metros, y longitudes entre 2 y 5 metros; atados con alambre recocido cada 0,20 y 0,30 metros. Las fajinas se hacen de material existente en la región y que resisten las condiciones de trabajo, por lo

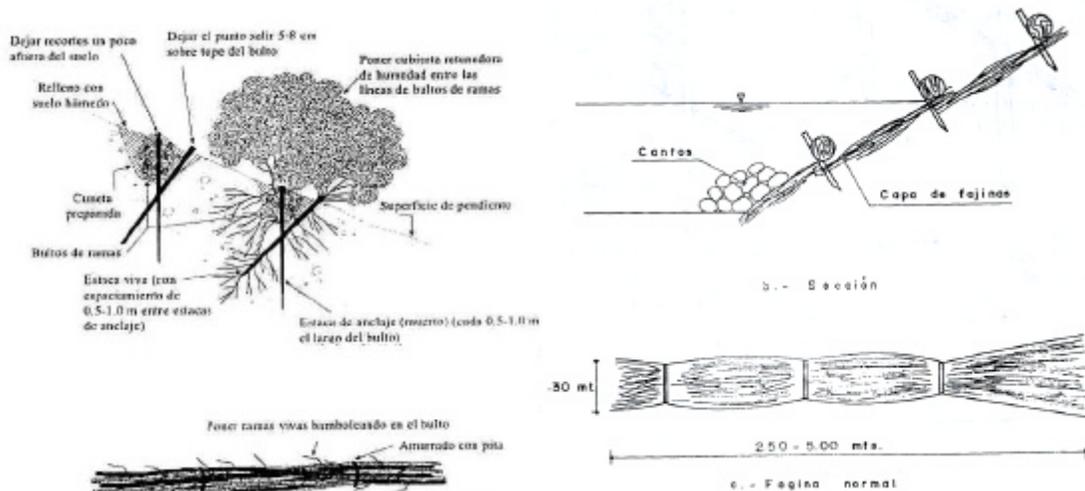


Figura #12: Detalle de fajinas. (Ref. 6 y 9)

general son de mimbrera enraizable. Los muros de enfajados se componen de capas horizontales de fajinas entrelazadas colocando las capas superpuestas consecutivamente. Después de cada capa de fajinas se le coloca una carga de piedra o grava con un espesor de 0,20 m a 0,3 m. Esta clase de obras es utilizada en obras de poca pendiente y en lugares donde la fuerza de arrastre es muy pequeña. Los enfajados se fijan al suelo por medio de estacas de madera y para evitar que el agua las levante del pie del talud, son fijadas por medio de enrocado u hormigón. Figura #12.

Enramados:

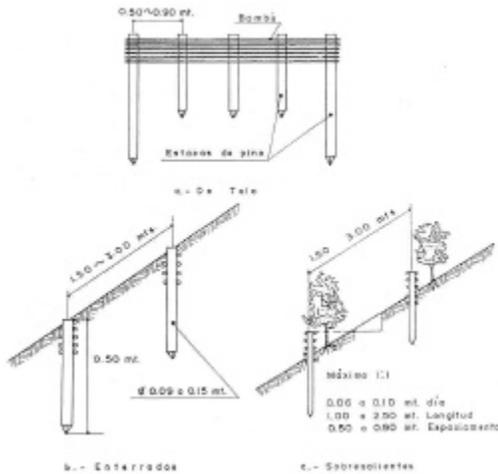


Figura #13: Detalle de enramados. Ref. 9

Están constituidos por un cercado de estacas de seis a quince centímetros de diámetro y longitudes de 0,7 a 1,5 metros, hincadas a distancias de 0,3 a 0,5 m., y entretejidas con ramas o juncos de modo que formen un enrejado. Los enramados tienen una altura de 0,3 a 0,6 metros, y han de hincarse, por lo menos 0,25 m en el suelo. Tanto las estacas como las ramas o juncos han de enraizarse. Para conseguir que todas las ramas enraicen, es necesario que todos los extremos raizables penetren en la tierra.

Reforestación de laderas:

Otra forma de dificultar el paso del agua y por ende de disminuir su velocidad es reforestando las cuencas. Este no es un proceso que pueda ser llevado a la práctica de forma extensiva.

Debe analizarse cual vegetación se utilizará, en que sitios, con que densidad y los efectos colaterales de usarse en determinados lugares (estabilidad geotécnica de los terrenos).

Estas y otras técnicas basadas en el uso de vegetación pueden aumentar el tiempo de concentración de una cuenca, aún cuando se apliquen en pequeñas zonas de terreno a lo largo del cauce del río.

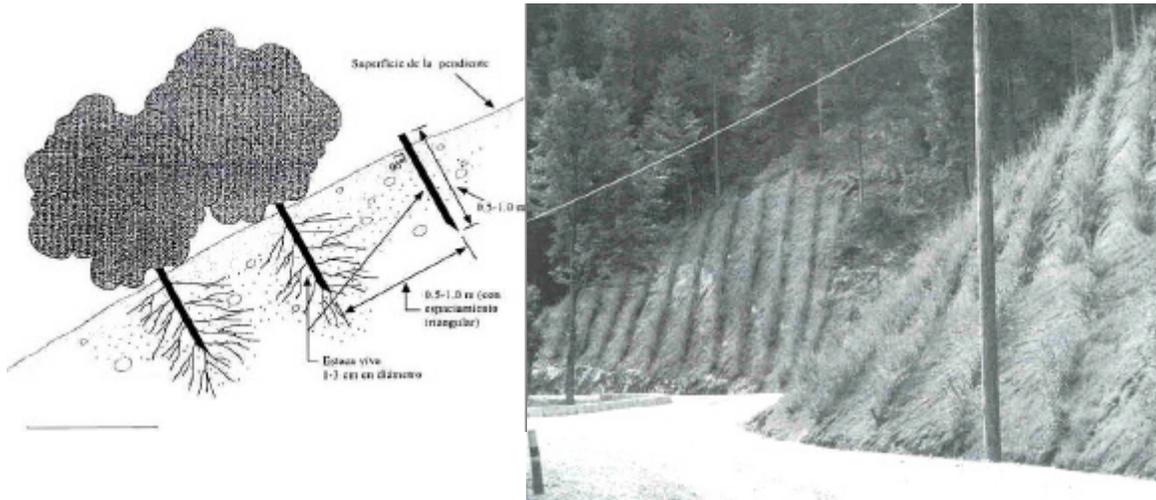


Figura #14: Distintas de reforestación de laderas: Ramas vivas y siembra en contorno. Ref. 6 y 8

6.2. Metodologías basadas en el uso de infraestructura

Este tipo de obras son aplicables a condiciones locales problemáticas, especialmente sobre el propio cauce con problemas o a las salidas de las aguas pluviales de las urbanizaciones. En este último caso se podría aprovechar (no siempre es posible) terrenos no desarrollados y las franjas de protección de los cauces. Para casos locales de inundación es necesario hacer cambios en la funcionalidad interna de la red de alcantarillado y desagües. También se pueden sugerir pequeñas obras de infraestructura que regulen el vertido de las aguas recolectadas en un área relativamente pequeña, tales como tanques de almacenamiento. En seguida se discuten varias de estas posibilidades.

Tanques de almacenamiento:

Una medida usada en otros países, consiste en la utilización de tanques de captación. Estos tanques son diseñados de tal forma que retienen el agua proveniente de alcantarillas y desagües. Cuando el agua llega a cierta elevación dentro del tanque el agua empieza a verterse, de tal forma que se regula el flujo de salida a las alcantarillas. Este tipo de estructuras son normalmente subterráneas y pueden solventar en determinada forma los problemas de incapacidad de la red pluvial. Sin embargo tienen que planearse adecuadamente para evitar problemas en época seca. Además son soluciones costosas que no pueden aplicarse extensivamente. También podría aplicarse pequeñas tanques de almacenamiento a las salidas de cada casa, o a cada cierta distancia, por ejemplo aprovechando los pozos de registro.

Estructuras de desfogue:

Las estructuras de desfogue de entubamientos, que manejan cantidades importantes de agua pueden tener desfogues especiales que ayudan a controlar el flujo que se vierte al río dentro de una zona dada. Este tipo de obras consisten en la ubicación de vertedores que tengan la capacidad de almacenar cierto volumen de agua tras el mismo y aún encima de su cresta. El caudal vendría a distribuirse de una forma diferente que si se vierte libremente. Además debe contar con un análisis minucioso del área en que se almacenará el agua, a semejanza de un pequeño embalse. Requieren del análisis del tránsito de las avenidas, análisis geotécnicos que garanticen la estabilidad de las laderas en contacto con el "miniembalse", así como las posibilidades de producir efectos adversos aguas arriba. En el caso de Montes de Oca en que existen varios entubamientos, estos aspectos deben ser considerados.

Otro tipo de estructuras que se pueden utilizar es el uso de estructuras disipadoras de la energía del agua. Son ubicadas a la salida de la tubería como a estilo de un desfogue. Cuando se tiene suficiente espacio, se pueden construir estos desfogues los cuales se hacen más grandes conforme la velocidad del agua disminuye y para proteger al suelo de erosión. Estos son construidos de material granular pesado (guijarros y piedra de río gruesa). El agua que sale de la alcantarilla llega hasta estas estructuras, a nivel de suelo y fluyen por encima del material. Este ofrece una gran resistencia al flujo, lo cual ayuda a disminuir la velocidad del mismo. Así se puede influir significativamente en la distribución del caudal en el tiempo, proveniente de la alcantarilla. Las zonas verdes de algunas urbanizaciones que se ubican colindando con las quebradas puede ser usadas para construir estas obras. Es un sistema muy utilizado en carreteras para verter en forma segura el agua recolectada en las cunetas hacia un talud lejano a un río. Si existen algunos terrenos amplios no urbanizables por diferentes situaciones, entonces se puede aprovechar con este tipo de obras que a la vez son beneficiosas desde el punto de vista hidrológico.

Vertedores:

Las referencias #2 y #9 muestran una gran variedad de posibles obras que se pueden construir en los lechos de los ríos, las cuales retardan el flujo en los cauces. Los vertedores en el fondo de los ríos se asemejan a la construcción de quiebra gradientes en conducciones de agua potable o en alcantarillados pluviales. Se construyen en secciones del cauce que permitan almacenar cierto volumen de agua.

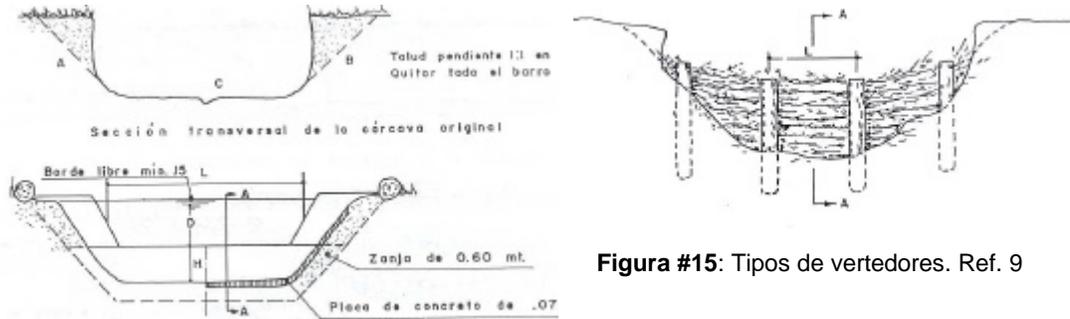


Figura #15: Tipos de vertedores. Ref. 9

Estos elementos: reducen la velocidad del agua por tanto incrementan el tiempo de concentración del cauce, almacenan agua detrás de la estructura elevando el nivel de agua normal del río como canal libre. Este volumen posteriormente se vierte de tal forma que se distribuye mejor en el tiempo. El flujo sobre el vertedor cuando es superado en altura, no lo destruye, y es un flujo controlado que se reparte en el tiempo de forma diferente que cuando el escurrimiento es libre. Tienen el problema de que favorecen la sedimentación por lo que pueden llegar a ser inefectivos con el tiempo, aunque de hecho cambian el régimen de escurrimiento del río al variar sus pendientes originales. A largo plazo las velocidades serán menores. Las figuras siguientes son algunas recomendaciones de distintos tipos de vertedores a utilizar. Deben proveerse protecciones especiales en la caída del flujo proveniente del vertedor tales como pozos de aquietamiento. Los vertedores funcionan positivamente al amortiguar las crecientes por almacenamiento.

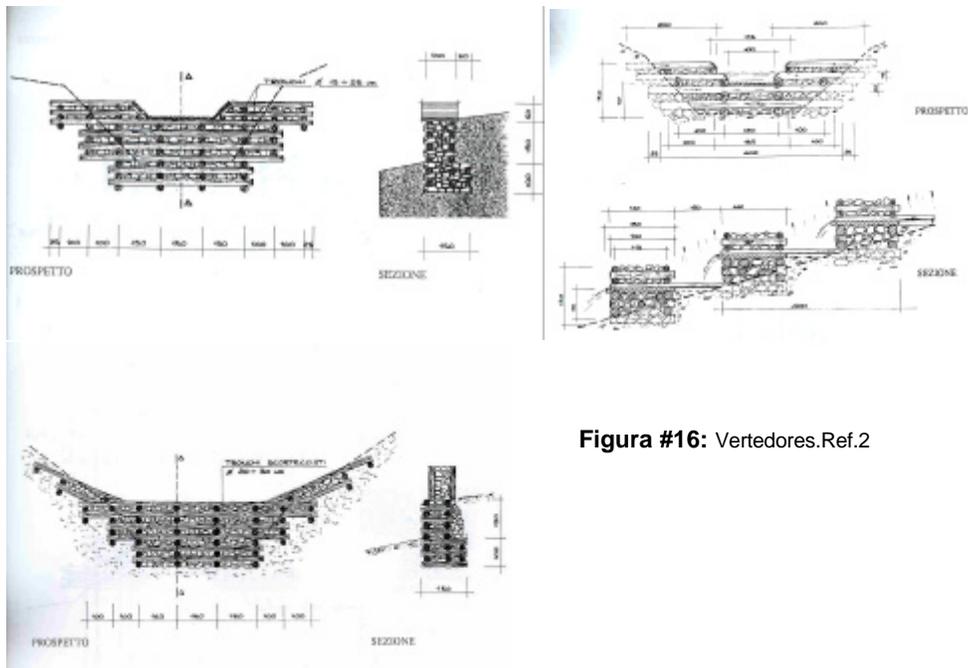


Figura #16: Vertedores. Ref. 2

7. ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE CONTROL DE INUNDACIONES

7.1. Urbanizaciones

Las urbanizaciones en Montes de Oca han transformado el uso de bosque, pasto o cultivo a otros tipos impermeables. Sin embargo uno de sus principales problemas es que pasan a tener tiempos de concentración muy cortos y varían totalmente el comportamiento del escurrimiento en la cuenca. Es importante observar como el recorrido que hace el agua puede ser en algunos casos mayor que el que haría en forma natural. Sin embargo la velocidad del agua en superficies tales como alcantarillas es muy superior a la de terrenos con vegetación.

Caso a:

Muchas urbanizaciones se han observado en Montes de Oca que tienen problemas de inundación, no porque algún cauce los afecte, sino porque otras urbanizaciones en zonas más altas vierten las aguas recolectadas en las mismas tuberías que otras urbanizaciones aguas abajo. Por tanto estas alcantarillas son incapaces de transportar el agua hacia su destino, superan el nivel de calle y se desbordan, además de que las alcantarillas sufren daños estructurales que pueden ocasionar problemas mayores como hundimiento de calles o terrenos, inestabilización de laderas, etc. Como se mencionó anteriormente la optimización de las estructuras de desagüe pluvial de una urbanización no mejora el comportamiento con la optimización del sistema principal de recolección (río o quebrada). Entonces se dan dos situaciones: se regula el vertido de cada urbanización a la quebrada o se construyen estructuras pluviales capaces de llevar todo el caudal que en condiciones actuales y a futuro se puedan presentar.

Caso b:

Cuando una urbanización vierte sus aguas directamente a un cauce, puede utilizar cualquiera de las metodologías anteriores para mantener en lo posible o bien mejorar, el hidrograma de agua aportada por el terreno ahora transformado a otro uso, es decir, se deben preservar las condiciones de escurrimiento. Comparativamente, haciendo uso de la ecuación de Kerby, para tiempos de concentración se tiene lo siguiente:

$$t_c \propto A \cdot (N)^{0.5}$$

donde: N es el coeficiente de retardo de una superficie dada. Para áreas impermeables N es 0.02, para zonas permeables tales como pastos densos es 0.8. Así que el tiempo de concentración de una zona que cambia del primer uso al segundo sería aproximadamente 6 veces menor. Posiblemente el impacto de una urbanización sobre el sistema hidrológico sería mínimo, pero el de un área muy extensa urbanizada sí lo será. Por ello si no se controla el total de la cuenca pasará de un tiempo de concentración "t" a uno mucho menor, por lo que los caudales al pico serán mayores y la creciente mucho más rápida pero capaz de ocasionar mayores problemas, en el caso de cuencas muy urbanizadas.

El control de aguas pluviales dentro de lotes de urbanizaciones es realmente poco importante por las siguientes razones:

- Un porcentaje muy alto del lote está impermeabilizado: el agua que llega a techos, aceras, caminos, etc. pasan rápidamente a canales de desagüe y luego salen hacia

el colector principal. Por ello se puede decir que el coeficiente de escorrentía de este terreno es cercano a 1.

- Las áreas verdes varían de sitio en sitio, pero para cada lote probablemente no pasen de un 30 o 40%. Estas zonas son enzacatadas y planas por lo que el coeficiente de escorrentía es aproximadamente 0.4. Las aguas de jardines se drenan con tiempos de concentración pequeños y pasan a las estructuras de drenaje con un desfase respecto al área impermeable de algunos minutos. De esta forma el tiempo de concentración de toda la cuenca no está influido significativamente por la presencia o no de zonas verdes en los lotes. De tal forma que analizar lote por lote no tiene ningún sentido, a menos que no este construido. Por ello es importante utilizar como “unidad de análisis”, las urbanizaciones completas.

7.2. Efectos de los cambios en el uso del suelo en San Rafael

San Rafael es el distrito de Montes de Oca cuyo uso del suelo es predominantemente agrícola y de protección. Sin embargo existen varias zonas que pueden ser urbanizadas por tener condiciones topográficas favorables. Este proceso no necesariamente va a ocurrir, pero debe ser considerado para valorar los efectos esperados aguas abajo, donde existen construcciones cercanas a los ríos. Es evidente, que no todos los cambios que se hagan en la cobertura del suelo dependen de San Rafael, pero son los únicos que pueden ser valorados para efectos de este trabajo. El mapa #1, muestra como este distrito es sólo parte de la cuenca del Torres. Goicoechea es el otro cantón que influye muy significativamente sobre esta cuenca. La tabla adjunta (#9) muestra el uso actual del suelo en los cantones vecinos a Montes de Oca y su influencia en la cuenca del río María Aguilar (al sur del cantón) y el río Torres (al norte del cantón).

En un trabajo anterior realizado en ProDUS, se ha definido una serie de zonas que por ley y por condiciones especiales no pueden ser urbanizados. Estos criterios son: zonas protegidas, categorías de pendiente, zonas de protección de ríos, etc. Estas se muestran en el mapa #3, que se presenta sólo para este distrito. Sin embargo, de acuerdo a este mapa, un alto porcentaje de área sí podría ser urbanizada. De los mapas de uso del suelo actual en Montes de Oca presentado en el mapa #1, se calculó un coeficiente de escorrentía ponderado para el cantón antes y después de una posible urbanización del mismo que se puede deducir del mapa #3. Este consiste en multiplicar el área en km² de un área con cierto tipo de cobertura, por el coeficiente de escorrentía que mejor la representa. La sumatoria de estos valores para todo el distrito de San Rafael se divide por el área total de las cuencas obteniendo el coeficiente de escorrentía ponderado. Este valor se compara con el obtenido si se urbanizan todos los sectores que podrían serlo a fin de obtener una idea de que tanto puede cambiar el régimen de escurrimiento en Montes de Oca. Aunque los cálculos se limitan al área del distrito. En realidad lo que se busca es consolidar el área urbana lo más posible, aprovechando al máximo las áreas disponibles y preservar todo lo posible a San Rafael. Sirva entonces este análisis para verificar lo importante de mantener o mejorar el uso del suelo en la zona este del cantón.

La tabla #10, muestra los diferentes usos del suelo observados en el cantón y los coeficientes calculados.

Tabla #9: Uso del suelo en los cantones que se encuentran total o parcialmente en las cuencas de estudio

Cantón			Tipo de uso	% en la cuenca del río Torres	% en la cuenca del María Aguilar
Curridabat			Cultivos	-	2.0
Cuenca	%	Área (ha)	Forestal	-	24.3
Torres	28.2	199.3	Pastos y árboles dispersos	-	10.1
Aguilar	-	-	Urbano/Suelo desnudo	-	63.6
Porcentaje de participación del cantón en cada cuenca				-	100
La Unión			Cultivos	4.4	
Cuenca	%	Área (ha)	Forestal	59.0	31.0
Torres	3.6%	106.1	Pastos y árboles dispersos	19.3	
Aguilar	1.0%	7.2	Urbano/Suelo desnudo	17.2	69.0
Porcentaje de participación del cantón en cada cuenca				93.6	6.4
Goicoechea			Cultivos	6.2	
Cuenca	%	Área (ha)	Forestal	32.8	
Torres	59.0%	1732.4	Pastos y árboles dispersos	36.9	
Aguilar	-	-	Urbano/Suelo desnudo	24.0	
Porcentaje de participación del cantón en cada cuenca				100	
San José			Cultivos		
Cuenca	%	Área (ha)	Forestal		16.4
Torres	-	-	Pastos y árboles dispersos		13.1
Aguilar	11.5%	81.1	Urbano/Suelo desnudo		70.5
Porcentaje de participación del cantón en cada cuenca					100
Montes de Oca			Cultivos	8.0	6.0
Cuenca	%	Área (ha)	Forestal	42.4	16.8
Torres	37.4%	1098.8	Pastos y árboles dispersos	21.9	9.1
Aguilar	59.3%	419.0	Urbano/Suelo desnudo	27.6	68.0
Porcentaje de participación del cantón en cada cuenca				72.4	27.6
Área de las 2 cuencas				3644 ha	

Tabla #10: Cambio en el coeficiente de escorrentía en San Rafael al urbanizar todas las zonas con potencial para ese uso.

Uso del suelo	Área actual (km ²)	Área si se urbaniza San Rafael (km ²)	C escorrentía 5 años	C escorrentía 10 años	C escorrentía 25 años	C escorrentía 50 años
Charral	0.12	0.06	0.40	0.42	0.46	0.49
Cultivos	1.48	0.74	0.42	0.44	0.48	0.51
Forestal	3.37	2.52	0.39	0.41	0.45	0.48
Pastos y árboles dispersos	2.53	1.42	0.42	0.44	0.48	0.51
Urbano y suelo desnudo	1.02	3.79	0.80	0.83	0.88	0.92
Ce ponderado actual			0.45	0.47	0.52	0.55
Ce ponderado futuro			0.58	0.60	0.65	0.68
% Cambio			28	27	26	25

Como se observa el valor de caudal generado por lluvias en San Rafael, podría incrementarse **en volumen** hasta en un 28% por efecto de cambios en el uso del suelo que tiendan a impermeabilizar la superficie. Es claro que los cambios hidrológicos no dependen sólo de San Rafael sino de los cantones vecinos. La tabla #11 muestra las propuestas de los planes reguladores en los cantones vecinos y los porcentajes de cada uso propuesto dentro de cada cuenca. Goicoechea, que es uno de los cantones que más influye sobre el río Torres, protege un porcentaje bastante alto del área de la

cuenca de posibles procesos urbanizadores. Por otra parte, el problema de inundaciones se agudizaría en el sentido de que los tiempos de concentración de la cuenca se alterarían significativamente y la parte alta de la cuenca empezaría a ser afectada por lluvias cortas. Por ello es importante hacer un análisis más completo de toda la parte alta de la cuenca del río Torres. El mapa #2 y #3 muestran zonas urbanizadas que se han llevado a cabo dentro de las zonas de protección de los ríos de Montes de Oca. Estos indudablemente serán los primeros afectados con cambios en el uso del suelo como los que se han supuesto, si no se toman las medidas necesarias para controlarlo, pero puede haber también otras zonas afectadas.

Tabla #11: Propuestas de uso del suelo de planes reguladores de los cantones vecinos a Montes de Oca

Cantón	Zona	Descripción	% Area Torres	% Area María Aguilar
Goicoechea	Cautela urbana	Uso urbano bajo	18.2	
	Control especial	Uso urbano bajo	2.3	
	Residencial	Uso urbano bajo	27.9	
	Area de renovación Urbana	Uso urbano	2.7	
	Sub-Zonas	Uso urbano	0.8	
	Comercial-Residencial-Industrial	Uso urbano	0.9	
	Comercio	Uso urbano	1.3	
	Industrial	Uso urbano	3.0	
	Zona de Talleres	Uso urbano	0.3	
	Localidad Rancho Redondo	Uso urbano	0.3	
	Usos Público Institucionales	Uso urbano	1.0	
	Cementerios	Uso urbano	0.9	
	Estacionamientos	Uso urbano	0.2	
	Derechos de Vía	Uso urbano	1.9	
	Cautela ecológica	Uso no urbano	21.0	
	Zona De Falla	Uso no urbano	4.1	
	Sub-Urbana	Uso agropecuario	12.6	
Area verde	Areas verdes	0.5		
		TOTAL	100.0	
San José	Vivienda	Uso urbano		26.6
	Comercio y servicios	Uso urbano		16.6
	Mixto(vivienda y comercio)	Uso urbano		36.7
	Institucional	Uso urbano		10.9
	Areas verdes y uso recreativo	Uso no urbano		9.1
		TOTAL		100.0
Curridabat	Residencial	Uso urbano		64.4
	Industrial	Uso urbano		3.4
	Servicios públicos y privados	Uso urbano		12.0
	Areas verdes	Uso no urbano		2.1
	Protección ríos y quebradas	Uso no urbano		18.1
		TOTAL		100.0
La Unión	Baja densidad	Uso urbano medio	23.8	10.0
	Media Baja densidad	Uso urbano medio	31.4	
	Media Alta densidad	Uso urbano alto	7.2	
	Agrícola	Uso no urbano	0.1	
	Ecoturismo	Uso no urbano	20.6	
	Proteccion forestal	Uso no urbano	3.5	
	Servicios privados	Uso urbano	2.0	
	Servicios publicos	Uso urbano	1.4	
		TOTAL	90.0	10.0

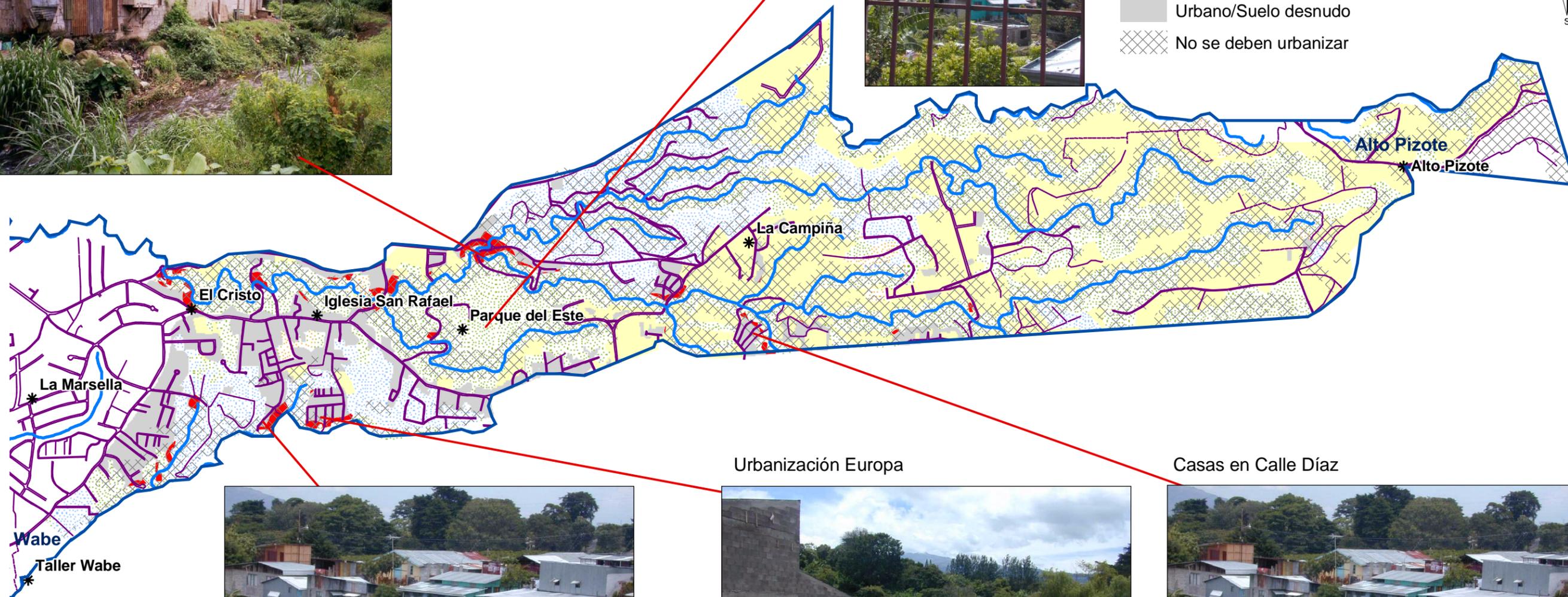
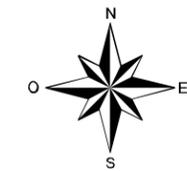
Casas en Quebrada Patal



Casas en Salitrillos



- Zonas en invasión
- Montes de Oca
- Uso suelo San Rafael**
- Charral
- Cultivos
- Forestal
- Pastos y árboles disperso
- Urbano/Suelo desnudo
- No se deben urbanizar
- Puntos de referencia
- Ríos
- Calles



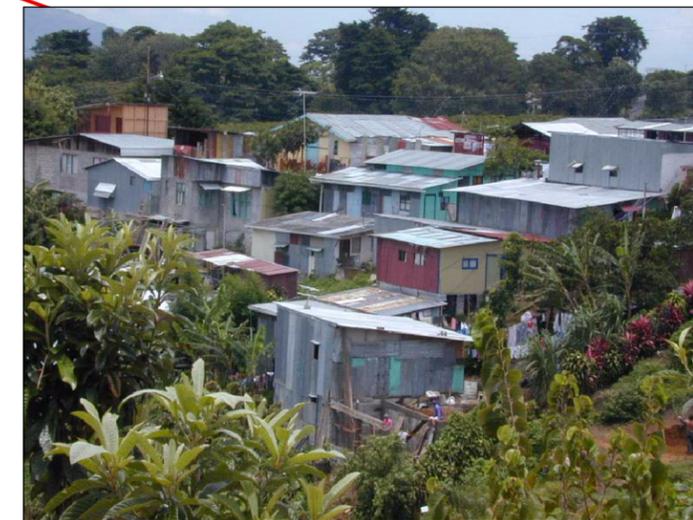
Casas en Barrio Sinai



Urbanización Europa



Casas en Calle Díaz



Mapa #3. Zonas de invasión de cauces de ríos en el distrito de San Rafael



8. CONCLUSIONES

La investigación realizada en este campo permite valorar con mayor exactitud las causas de las inundaciones. Se puede llegar a una serie de conclusiones que son de gran importancia para el cantón de Montes de Oca.

- El crecimiento de Montes de Oca no se ha planificado adecuadamente lo cual ha ocasionado una gran cantidad de conflictos internos a nivel urbano. Las condiciones de servicio de los sistemas de alcantarillado pluvial sufren los efectos adversos de un crecimiento que no fue considerado inicialmente. La aparición de una gran cantidad de urbanizaciones que se conectan a los sistemas pluviales existentes sin tener noción de si son adecuados o funcionarán bien con la conexión de sus urbanizaciones. Además existen una gran cantidad de casos de invasión de márgenes de ríos, zonas urbanas localizadas en sitios que no debieron ser urbanizados (por ejemplo sitios que pueden ser utilizados para control de inundaciones), la construcción de muchos entubamientos para favorecer la construcción de urbanizaciones produciendo cambios muy importantes en la hidrología de la zona.
- La mayor parte del alcantarillado existente en el cantón no ha sido diseñado ni para condiciones normales de precipitación ni tampoco se valoraron adecuadamente los posibles cambios en el uso del suelo en la cuenca que les afectaba. De tal forma que en lluvias más intensas son todavía más problemáticas. Esto se nota porque no se adoptó un tamaño de alcantarilla adecuado, en algunos sitios no se le proporcionó al alcantarillado la pendiente adecuada para incrementar su eficiencia y podía haberse hecho. En algunos casos se observó como se le da pocas salidas al agua procedentes de urbanizaciones, de tal forma que se concentra en un solo ducto una gran cantidad de líquido. Es el ejemplo del parqueo de la facultad de educación en la UCR y la urbanización Carmiol 2, entre algunos casos.
- Los desechos sólidos dificultan en un alto grado el buen funcionamiento de las estructuras pluviales, reduciendo en muchos casos su capacidad casi totalmente. Esto tiene que ver con los recursos que se dedican al mantenimiento de estas estructuras.
- La inexistencia de un plano que registre la construcción de nuevos alcantarillados ni los existentes, sus conexiones a otros sistemas, sitios de vertido a los ríos, características físicas y geométricas de las tuberías, etc., es un gran problema para la planificación de obras de control de inundaciones, para la construcción de nuevos proyectos, su evaluación específica y la toma de decisiones en términos de planificación.
- El cambio en el uso del suelo del cantón se podría llevar a cabo principalmente en el territorio de San Rafael. Pero se puede observar de los resultados obtenidos y resumidos en la tabla #10, como el criterio de inundaciones puede ser muy importante de agregar dentro de los análisis de sectorización a proponerse en Montes de Oca. Los cambios en el comportamiento hidrológico de los ríos puede ser muy grande y podría no ser controlado en un corto plazo, es decir sería un cambio no sostenible, especialmente el caso del río Torres. Por ello, el Plan Regulador debe ser muy enfático en cuanto a preservar al máximo las condiciones actuales de uso del suelo en San Rafael. Por otra parte, se debe llevar a las zonas más urbanizadas, hacia al oeste del cantón, a una condición de máxima densidad y un aprovechamiento máximo del espacio disponible, puesto que este segundo produciría un impacto menor en los ríos y

quebradas. Esta sugerencia se debe aplicar dentro de los límites que le permitan a la ciudad funcionar bien en otros aspectos ni debería promover de ninguna forma que se urbanicen zonas peligrosas, tales como las franjas de protección de ríos. La razón de que una situación impacte menos que otra se debe al hecho de que el sector oeste de Montes de Oca tiene una red de alcantarillados pluviales mucho más desarrollada que en el sector este. Además, el porcentaje de área urbanizable al oeste es menor que el que se podría urbanizar en San Rafael. Los cambios en San Rafael generarán más cantidad de agua en un tiempo de concentración que va a disminuir como consecuencia de la extensión de la red de alcantarillado pluvial, mientras que en los distritos restantes se incrementaría principalmente el volumen y el tiempo de concentración de la cuenca podría disminuir pero en menor grado. Otra situación importante de tomar en cuenta es que la longitud de río que puede ser afectada por la urbanización de San Rafael será mucho mayor que si se intensifica la urbanización al oeste del cantón. Por otra parte la decisión de preservar el uso en San Rafael es más coherente con las decisiones que se han tomado en los cantones vecinos, como el caso de Goicoechea.

- Uno de los problemas fundamentales existentes y que debe ser motivo de preocupación, es, como preservar o cambiar en la mayoría de los casos posibles el hidrograma de escurrimiento de las cuencas urbanas de tal forma que se logre una mejor distribución del agua en el tiempo. Algunas de las soluciones aportadas anteriormente pueden ayudar a minimizar los impactos esperados. Otras soluciones efectivas pueden ser realizadas propiamente en el río, pero requieren probablemente de una inversión más significativa que si se aplican a nivel de casos puntuales, realizando el control propiamente en las salidas de las alcantarillas de las urbanizaciones. Existen muchas de estas urbanizaciones que tienen espacio suficiente para realizar estos cambios, a la vez que es una forma más justa de asumir las responsabilidades respectivas por los cambios realizados en la hidrología de los ríos. Algunas que se observaron que tienen esta disponibilidad de espacio se ubican en las cercanías del colegio Metodista, la quebrada Cas y la urbanización Carmiol.
- Los valores de intensidad de precipitación que se deben utilizar en los diseños pluviales, son decisión del urbanizador y su responsabilidad. Pero como se ha visto, el cálculo de los caudales que determina los requerimientos de las estructuras hidráulicas, debe salir de un estudio de intensidad-duración y frecuencia. Se deben hacer cálculos de intensidad para tiempos de concentración cortos, es decir, para duraciones que estén de acuerdo al tiempo de concentración de las urbanizaciones. De hecho muchas veces será menor a los 5 minutos. En estos casos las intensidades pueden ser hasta un 70% mayores que para un tiempo de 10 minutos. Estos datos en manos del ingeniero municipal le permitirán regular al menos los valores mínimos que deberían ser utilizados. Además las cuencas urbanas son afectadas principalmente por tormentas de tipo convectivo lo que justifica tener estaciones pluviográficas a fin de conocer con exactitud la distribución de la precipitación con el tiempo y el espacio. Esta muy claro, que la estación Sabanilla ofrece datos muy limitados al cantón de Montes de Oca y Goicoechea.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Araya, Allan. **Análisis de inundaciones en una cuenca urbana.** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, 2000.
2. Centro di Formazione Professionale "O Nalaguti". **Manuale Técnico di Ingegneria Naturalistica.** Italia, 1998.
3. Costa Rica, Leyes y decretos. **Código Urbano.** 5ª edición. Editorial Porvenir, San José, Costa Rica, 1998.
4. Costa Rica, Leyes y decretos. **Ley Forestal, Reglamento a la ley forestal y reglamento a los inspectores de recursos naturales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación.** 2ª edición. Editec Editores, San José, Costa Rica, 1999.
5. Jaubert, Marcos. **Estudio de Inundaciones en la Quebrada los Negritos.** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. 1992.
6. Keller, Gordon. **Caminos rurales con impactos mínimos un manual de capacitación con énfasis sobre Planificación Ambiental,** Guatemala 1995.
7. Murillo, Rafael. **Estudio de Isointensidades de Precipitación en la Cuenca del Río Virilla.** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. 1993.
8. Schiechl, H.M. **Manual de Ordenación de Cuencas Hidrográficas: Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación.** No.13. FAO, Roma, Italia, 1986.
9. Suárez, Jaime. **Manual de Ingeniería para el control de erosión.** Impresores Colombianos, Bucaramanga, Colombia, 1992.
10. Ven Te, Chow. **Hidráulica de canales abiertos.** Editorial Mac Graw Hill Interamericana, Santa Fe, Bogotá, 1994.
11. Ven Te, Chow. **Hidrología aplicada.** Editorial Mac Graw Hill Interamericana, Santa Fe, Bogotá, 1994.
12. Villón, Máximo. **Hidráulica de canales.** Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 1995.

SECCIÓN III

HIDRANTES

Caracterización de Hidrantes

1. Introducción

El concepto fundamental que diferencia los sistemas que han sido diseñados para atender las necesidades corrientes de agua y los diseñados para la protección contra incendios, radica en que el suministro de agua para incendios exige una alta concentración de agua en un punto, mientras que el consumo doméstico busca niveles de presión similares en todos los puntos de la red. Por esta razón los sistemas de abastecimiento de agua que deban atender las necesidades de una población para protegerse contra el fuego, deben estar diseñados de modo que puedan concentrar la gran cantidad de agua necesaria. Es de esperar que en algunos casos se requieran tuberías de diámetros mayores a los requeridos para distribución para satisfacer estas necesidades.

En nuestro país, el Instituto Nacional de Seguros, juega un papel de asesoría y supervisión hacia todas las entidades que requieran instalar hidrantes, esto debido a la falta de recursos con que cuenta la institución, además de ser una actividad que no le corresponde (*).

La normativa utilizada por el I.N.S para todos los aspectos referentes a la colocación y mantenimiento de los hidrantes corresponde a las normas INTE 21-01-20-96 (hidrante de columna seca) y la INTE 21-01-21-96 (hidrante de columna húmeda). En este documento se presenta un extracto de ambas normas con el objeto de mostrar aspectos relacionados con el diseño y el funcionamiento de los hidrantes, así como características, tipos, especificaciones y materiales. Además se presenta el mapa de ubicación de hidrantes en el cantón de Montes de Oca; sin embargo se debe mencionar que la información suministrada se relaciona con las capacidades de flujo teóricas de cada hidrante según el color observado en las giras de campo, ya que no se cuenta con información de pruebas para verificar el funcionamiento de los mismos.

(* Nota: El I.N.S brinda asesoría a quien lo solicite, pero esta institución no se encarga de las labores de colocación de los hidrantes, pues no es su obligación realizar esta actividad. Todos los desarrolladores tienen que considerar en los diseños de las tuberías el caudal de incendio según la población que vaya a ser dotada, además de las distancias que deben existir entre los hidrantes. Acerca del tipo de hidrante a colocar, tipos de conexiones y presiones de servicio, el I.N.S brinda la asesoría que se requiera. Se recomienda que en todo hidrante recién colocado se exija una prueba de presión, supervisada por un miembro del cuerpo de bomberos, y por uno de la municipalidad respectiva, de tal forma que si el hidrante no cumple con la presión requerida o especificada en planos, se exija la corrección inmediata por parte del constructor.

2. Generalidades

Un aspecto importante a la hora de clasificar un hidrante es la capacidad que este pueda tener. Las capacidades se clasifican por mediciones de flujo de los hidrantes individuales en un período de demanda ordinaria. A continuación se muestra un cuadro descriptivo de dicha clasificación.

Tabla # 1. Capacidades de flujo según la clase de hidrante.

Clase	Capacidad de flujo*
Clase A	3800 l/m
Clase B	1900 l/m a 3800 l/m
Clase C	1900 l/m

***Nota:** los valores mostrados corresponden a la capacidad de flujo de los hidrantes en un ensayo individual

Además se sigue el siguiente esquema de color uniforme para hidrantes contra incendio:

- ✓ *Hidrantes públicos:* todos los cuerpos se deben pintar de amarillo cromado, excepto cuando se desee otro color. Los cabezotes y las tapas de las boquillas de los hidrantes pertenecientes a las clases A,B,C se deben pintar como se indica a continuación:

Tabla # 2. Color de hidrante según la clase.

Clase	Color
Clase A	Verde
Clase B	Naranja
Clase C	Rojo

Nota: Los colores deben indicar solamente la capacidad aproximada del hidrante individual cuando fue ensayado solo, y no su capacidad cuando se esta usando otro en sus alrededores. El rotulado del hidrante no se debe considerar como garantía de la capacidad indicada por el color.

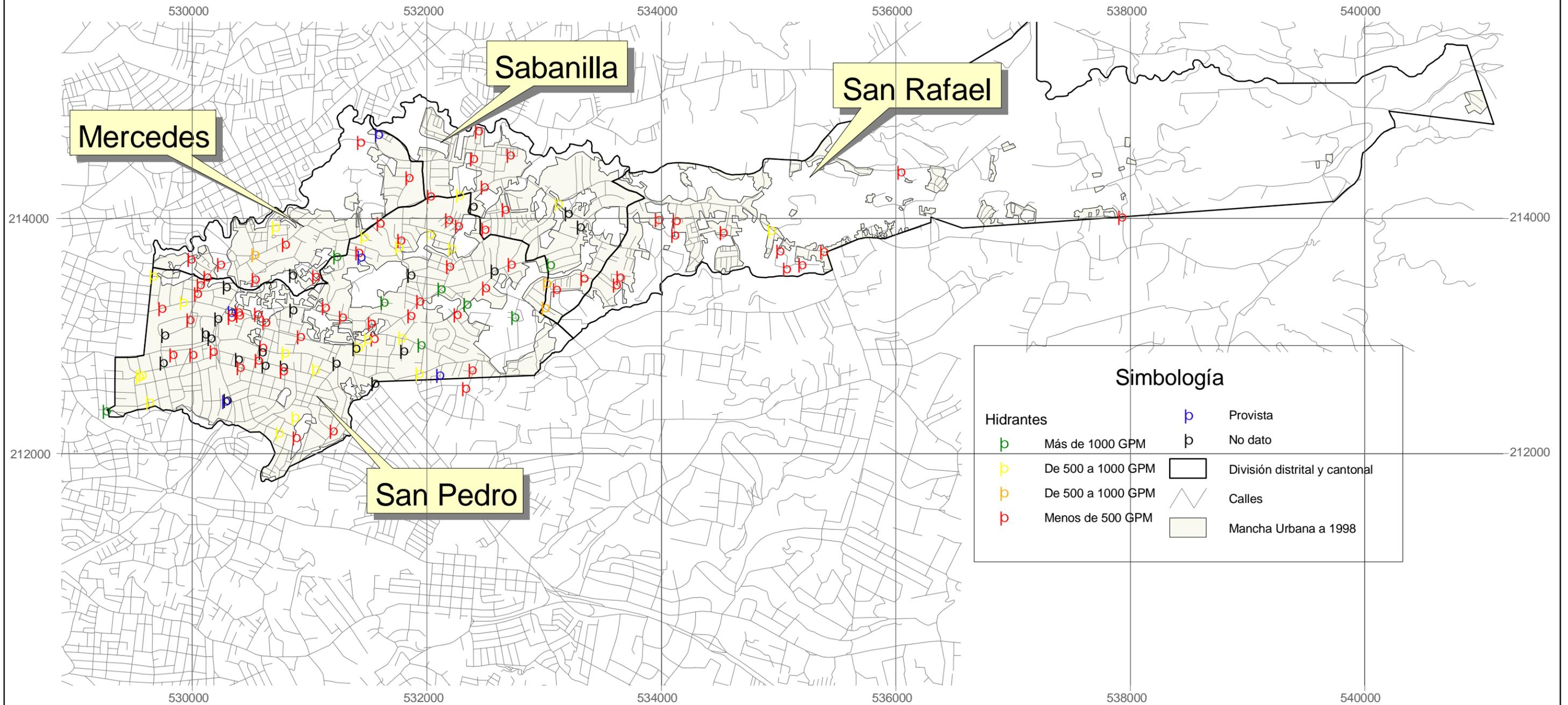
- ✓ *Hidrantes privados:* por estar dentro de cubiertas privadas, el rotulado se deja a discreción de los propietarios. Los hidrantes privados que estén en calles públicas, deben pintarse para distinguirlos de los públicos.

Algunas de las características más importantes de los hidrantes aptos para la protección contra el fuego son¹:

¹ Tomado del NFPA, "Manual de protección contra incendios"

- Area neta del cuerpo del hidrante no menor al 120% del área de la abertura de la válvula.
- El diámetro normal de la abertura de la válvula inferior debe ser por lo menos de 100 mm para dos bocas de salida de 2½ pulgadas (64 mm) o mayores; de 5 pulgadas (125 mm) para tres bocas de salida de 2½ pulgadas o mayores; y de 6 pulgadas (150 mm) para cuatro bocas de salida de 2½ pulgadas o mayores. Los hidrantes con una válvula inferior menor de 4 pulgadas (100 mm) o con menos capacidad de descarga que la proporcionada por dos salidas de 2½ pulgadas no están aprobados ni homologados por ningún laboratorio de ensayos reconocido. La conexión entre una conducción principal de agua y un hidrante no debe tener nunca un diámetro inferior a 6 pulgadas (150 mm).
- Un amplio paso para el agua y pocas perdidas por fricción. Al descargar el hidrante 250 gpm (946 l/min) por cada dos bocas de salida de 2½ pulgadas (64 mm) las pérdidas totales del hidrante no deberían exceder 13.8 kpa. Con un hidrante que tenga una boca de salida de 4½ pulgadas (114 mm), y que descargue 1000 gpm (3875 l/min), la máxima pérdida permisible será de 34.5 kpa. Para los hidrantes diseñados para más de 1000 gpm las máximas pérdidas permisibles no deberían sobrepasar los 34.4 kpa cuando descargue al grado de caudal pretendido.
- La válvula de purga debe ser de construcción no corrosiva.
- La tuerca de maniobra será pentagonal, de dimensión uniforme y debe medir 1½ pulgada (38 mm) de punta a cara en la base de 36 mm en la corona. Las caras deberían quedar determinadas uniformemente y la tuerca no debería medir menos de 25 mm.

Mapa 1. Ubicación de Hidrantes en el Cantón de Montes de Oca



Simbología			
Hidrantes		p	Provista
p	Más de 1000 GPM	p	No dato
p	De 500 a 1000 GPM		División distrital y cantonal
p	De 500 a 1000 GPM		Calles
p	Menos de 500 GPM		Mancha Urbana a 1998

Fuente: Instituto Geográfico Nacional, fotografías aéreas 48 y 50, rollo Terra, 1:40000, 1998. Bomberos Barrio Luján, Bomberos Guadalupe, visita de campo, ProDUS, diciembre 2000.



3. Tipos de hidrantes

Hoy día existen dos tipos de hidrantes de incendios. El Hidrante de columna seca tiene la válvula que regula el paso de agua en la base, situada debajo del punto de peligro de heladas entre el pie y el cuerpo del hidrante, y en donde el agua pasa por el cuerpo del hidrante solamente cuando hace falta. Este tipo de hidrante se emplea en todos los lugares donde existe posibilidad de heladas. Sin embargo en nuestro país algunos de los hidrantes instalados son de este tipo, pese a que no son recomendados por el Instituto Nacional de Seguros. El otro tipo de hidrante es el “húmedo” (tipo California), que es el que se emplea en zonas geográficas sin peligro de congelación, y es el más utilizado en nuestro país.

3.1 Hidrante de Columna Seca²

Hidrante en forma de columna que se debe conectar a la red general de distribución y debe emerger del suelo. En ella deben estar conectados los racores de conexión. El agua se debe introducir en la columna solamente cuando se abra la válvula principal, situada bajo la línea del suelo. El hidrante esta compuesto por cuerpo del hidrante, codo de conexión, y, cuando sea necesario, extensión.

Designación y marcas

El hidrante llevará marcado, en lugar accesible para identificación, el número de la norma, diámetro nominal, nombre o contraseña del fabricante y año de fabricación. Esta marca estará grabada en caracteres indelebles sobre el hidrante.

El nivel de rotura debe ser fácilmente identificado; a simple vista.

Especificaciones Generales

- Materiales

El hidrante debe estar construido en fundición gris (grafito laminar) del tipo FG15, FG20, FG22 ó FG25, según la norma UNE 36-111 o fundición dúctil (grafito esferoidal) del tipo FGE42-12 ó FGE50-7 según la norma UNE 36-118. Se pueden usar igualmente otros materiales con características superiores en cuanto a sus propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión y envejecimiento.

- Bocas de conexión

Los hidrantes de 80mm deben estar provistos de dos bocas de 45mm de diámetro nominal y una de 70mm de diámetro nominal.

Los hidrantes de 100mm y 150mm deben estar provistos al menos de dos bocas de 70mm y una boca de 100mm y 125mm respectivamente.

² Norma técnica: INTE 21-01-20-96.

Los hidrantes de 150mm deben estar provistos de al menos dos bocas de 70mm y una de 125mm de diámetro nominal.

- Bocas de salida

Deben estar aseguradas empleando medios mecánicos y protegidas contra daños atmosféricos. Para las de rosca interna, se emplea un pasador u otro método para prevenir que se caigan del hidrante.

Se deben suministrar tapas para todas las boquillas de salida, y las roscas deben concordar con las boquillas. Las tapas deben estar encadenadas al cuerpo del hidrante con una cadena metálica que tenga eslabones fabricados con alambre no menor de 1/8 pulgadas de diámetro, a menos que en las especificaciones suplementarias del comprador esté indicado lo contrario.

Presión de servicio

La presión nominal de servicio debe ser, al menos, de 1.5 Mpa (15 bar).

A continuación se muestra un esquema de los hidrantes de columna seca tomado del “Manual de Protección contra Incendios”

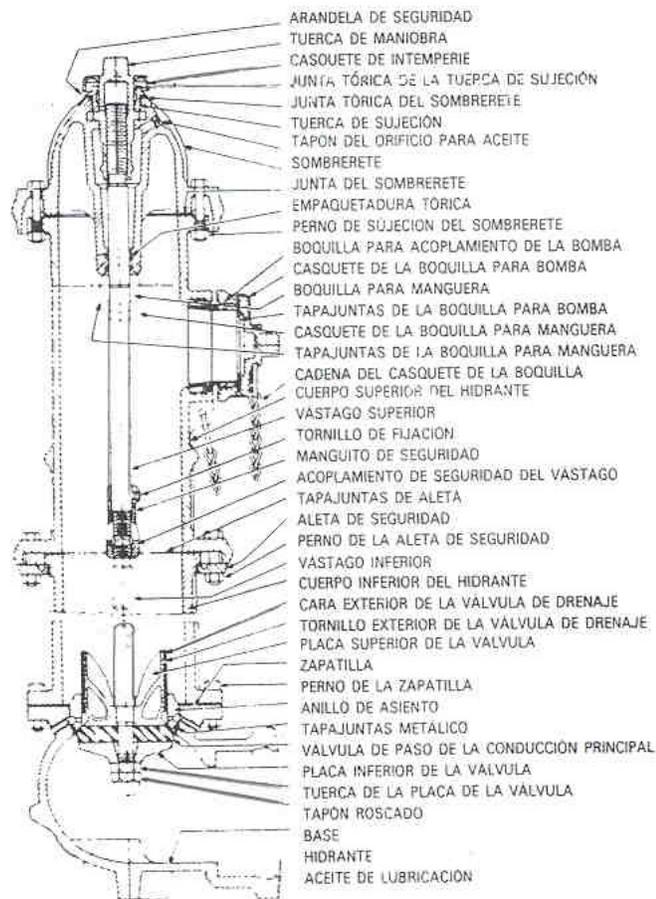


Figura 1. Hidrante de tipo seco o válvula en la base.

3.2_Hidrante de Columna Húmeda³

El hidrante de columna húmeda es una tubería columna que se conectará a la red general de distribución y emergerá del suelo; en ella estarán situados los racores de conexión y la brida de conexión a la red. El agua estará ocupando continuamente el interior del hidrante.

El hidrante esta formado por el cuerpo, conjunto de cierre, mecanismos de accionamiento y la brida de conexión.

Designación y marcas

El hidrante debe llevar marcado, en lugar accesible para identificación, el número de la norma, diámetro nominal, nombre o contraseña del fabricante y año de fabricación. Esta marca estará grabada en caracteres indelebles sobre la cabeza del hidrante.

Cada boquilla del hidrante debe llevar una flecha en sentido antihorario señalando apertura.

Especificaciones Generales

- Materiales

El hidrante debe estar construido en fundición gris (grafito laminar) del tipo FG15, FG20, FG22 ó FG25, según la norma UNE 36-111 o fundición dúctil (grafito esferoidal) del tipo FGE42-12 ó FGE50-7 según la norma UNE 36-118. Se pueden usar igualmente otros materiales con características superiores en cuanto a sus propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión y envejecimiento.

- Bocas de conexión

Los hidrantes de 80 mm deben estar provistos de dos bocas de 45 mm de diámetro nominal y una de 70 mm de diámetro nominal.

Los hidrantes de 100 mm estarán provistos de dos bocas de 70 mm de diámetro nominal, y una de 100 mm de diámetro nominal. Dichas bocas deben llevar acoplados racores según la norma UNE 23-400. Los hidrantes de 112.7 mm deben estar provistos de dos bocas de 63.5 mm, y una de 112.7 mm. Los hidrantes de 127 mm deben estar provistos de dos bocas de 63.5 mm y una de 127 mm. La altura entre la base de la brida de conexión y el eje de las válvulas de salida será igual o superior a 230 mm.

- Bocas de salida

Deben estar aseguradas empleando medios mecánicos y protegidas contra daños atmosféricos. Para las de rosca interna, se emplea un pasador u otro método para prevenir que se caigan del hidrante.

Se deben suministrar tapas para todas las boquillas de salida, y las roscas deben concordar con las boquillas. Las tapas deben estar encadenadas al cuerpo del hidrante con una cadena metálica que tenga eslabones fabricados con alambre no menor de 1/8

³ Norma técnica: INTE 21-01-21-96.

pulgadas de diámetro, a menos que en las especificaciones suplementarias del comprador esté indicado lo contrario.

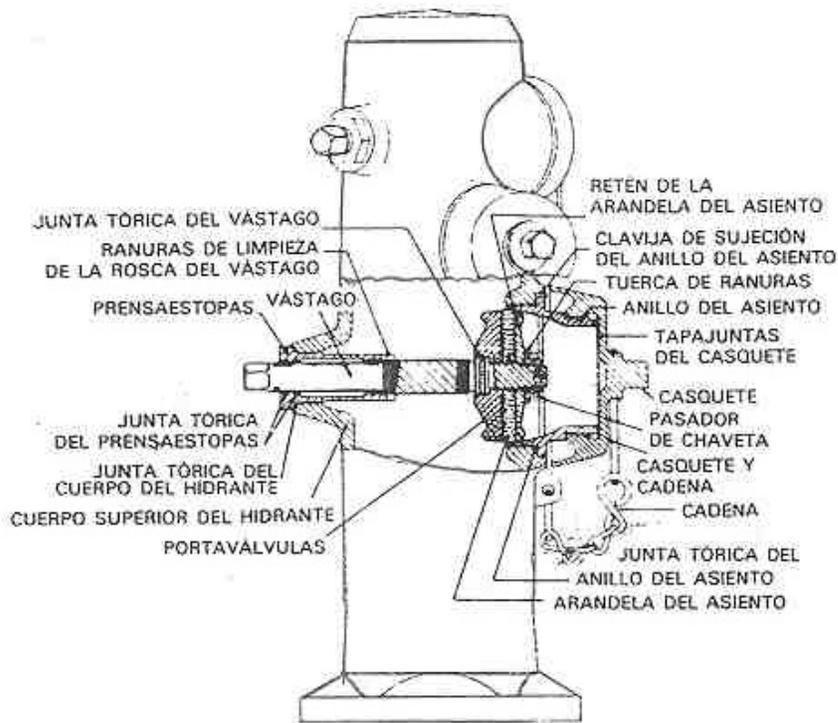


Figura 2. Hidrante húmedo o tipo “California”.

Con respecto a la colocación de los hidrantes el “Manual de Protección contra incendios”, recomienda que éstos deben situarse en el punto donde se pudieran concentrar las mangueras para extinción de incendios en bloques o grupos de edificios, en vez de situarlos arbitrariamente con el único criterio de que hubiera una distancia dada a lo largo de la calle. Sin embargo, las mangueras largas reducen el caudal que se debe suministrar en las primeras fases de un incendio. Por esta razón se sugiere en este texto una regla sencilla para la separación de hidrantes tal y como se muestra a continuación:

Tabla # 3. Separación entre hidrantes según tipo de zona.

Tipo de zona	Separación
Zonas mercantiles e industriales con alta densidad de edificación	76 m
Zonas residenciales	122m ~ 152m

4. Definiciones

Hidrante: es un aparato hidráulico, conectado a una red de abastecimiento, destinado y diseñado a suministrar agua en caso de incendio en todas las fases del mismo.

Racor: pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso, que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos.

Cuerpo de hidrante: es la parte superior del hidrante que debe ir sobre el nivel de la tierra. En su parte superior debe llevar alojado el mecanismo de accionamiento, del cual debe salir el eje. En la cabeza estarán situadas las bocas de salida.

Codo de conexión: es la parte del hidrante que se conecta por medio de bridas a la tubería general de alimentación.

Extensión: es la parte del hidrante que une el codo de conexión y el cuerpo del hidrante. Su función es ajustar la distancia entre estos dos componentes.

Válvula principal: estará compuesta por:

- **Mecanismo de accionamiento:** es el conjunto de elementos que permite la acción manual sobre el eje para la apertura y cierre del paso del agua.
- **Conjunto de cierre:** son los componentes que impiden o permiten físicamente el paso del agua.
- **Eje:** une el mecanismo de accionamiento con el elemento móvil de cierre.

Bocas de salida: son orificios, provistos de racor, para conectar las mangueras de impulsión.

Válvula de drenaje: es un dispositivo que sirve para vaciar el agua acumulada en la columna, por encima del conjunto de cierre, una vez cerrado el mismo, con el fin de prevenir daños o disfunción en caso de heladas.

Nivel de rotura: se denomina así al nivel correspondiente al plano horizontal en que, debido a los elementos de fijación debilitados, se producirá la separación entre el cuerpo del hidrante, el codo de conexión y la extensión, en caso de que el hidrante sufra un impacto mecánico que pueda dañar la válvula o la instalación.

Mecanismos de accionamiento: es el conjunto de elementos que permiten la acción manual sobre el eje para la apertura y cierre de tipo válvula de asiento.

5. Bibliografía

- N.F.P.A. “Manual de protección contra incendios”. Editorial Mapfre, 17 edición.
- I.N.S “Compendio de normas para la protección contra incendios y seguridad humana en edificaciones”. Ingeniería de bomberos. 1997.

Informantes

- Mauricio Madrigal Calderón. Jefe estación de bomberos de Guadalupe.
- Luis Umaña Ramírez. Jefe de bomberos de Barrio Lujan.
- Lic. Ramírez. Funcionario del SENARA.