

6. MARCO TECTONICO

El marco tectónico regional del bloque norandino está igualmente dominado por la interacción de las placas Nazca, Suramérica y Caribe, por la falla de subducción bajo el continente y por sistemas de fallas de dirección NNE tales como los de Cauca y Romeral (Figura 5). La complejidad geológica y tectónica regional ha dado lugar a diversas investigaciones, interpretaciones y modelos tales como los planteados por *Case et al* (1971), *Case et al* (1973), Proyecto Nariño I (*Ramirez & Aldrich*, 1977) y Nariño II y III (*Goberna*, 1981), *Cline* (1981), *Pilger* (1983), *Kellogg et al* (1989) y *Freymueller et al* (1991), entre otros.

El régimen de esfuerzos regionales y las tasas de desplazamiento relativas son objeto de mediciones mediante posicionamiento geodésico por satélite, *Kellogg et al* (1989). Los primeros resultados de estas mediciones señalan tasas de convergencia de la placa Nazca hacia el E del orden de 10 cm/año y de 1 cm/año para la Suramérica contra el bloque norandino, *Freymueller et al* (1991).

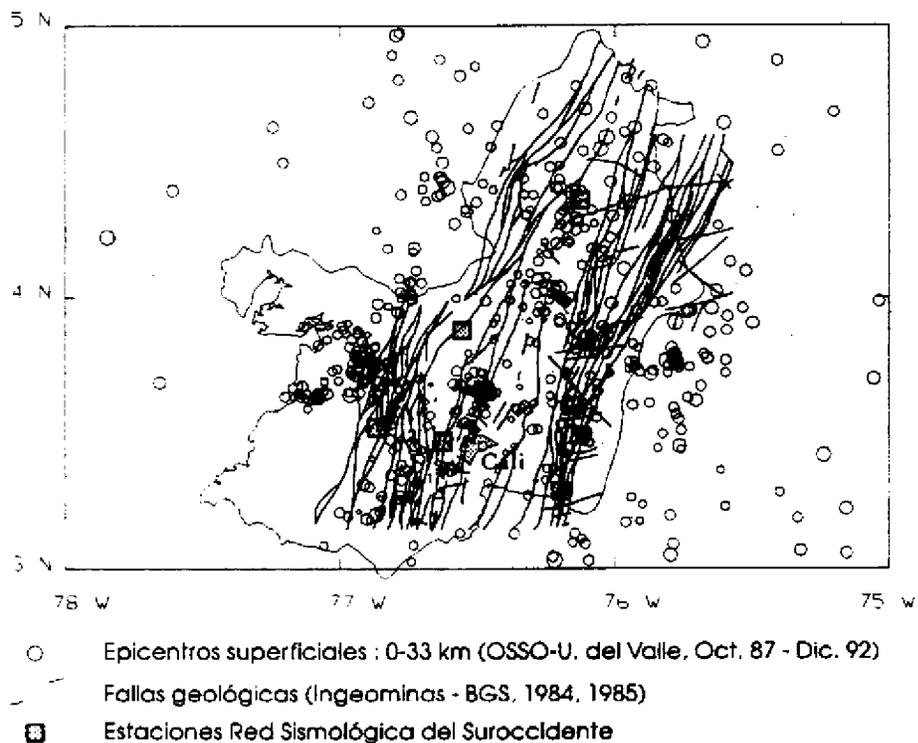


Fig. 5. Sismotectónica del Valle del Cauca (actualizada con respecto a la primera edición; el cúmulo de epicentros al N de Cali corresponde a explosiones en canteras)

El rasgo tectónico más importante en la localidad lo constituye el sistema de fallas del Cauca, de dirección general N20-30 grados al E, una de cuyas trazas ("Falla Cali") corre paralela al piedemonte oriental de la cordillera Occidental. Este sistema pone en contacto las rocas del Terciario con la Formación Volcánica. La falla del Cauca ha sido interpretada como una estructura vertical que buza fuertemente al Este, *Evans et al* (1984), cortando y verticalizando las rocas carboníferas terciarias, *Misión Belga* (1964). Desde el punto de vista de su relevancia para la amenaza sísmica sobre la ciudad su grado de actividad conocido es bajo (*Woodward-Clyde*, 1983; *OSSO*, 1987-1992). No se dispone todavía de mecanismos focales que permitan caracterizarla adecuadamente.

7. SISMICIDAD

El occidente colombiano está afectado en primera aproximación por tres grandes fuentes sismogénicas que lo hacen resaltar como la región sísmica y tectónicamente más activa y compleja del país, *Meyer* (1983b, 1989):

- la franja de subducción, frente a la costa del Pacífico, con eventos superficiales hasta $M = 8.6$;
- la sismicidad generada en la zona de Wadati-Benioff, con profundidades intermedias (80-140 km) y eventos con magnitudes mayores de 6;
- las fallas continentales (sistemas Cauca, Romeral y otros), las menos cuantificadas hasta ahora.

Una relación de intensidades en Cali producidas por eventos de las diversas fuentes relevantes para la ciudad se encuentra en *Meyer* (1983a y 1990) y en *Velásquez*, (1988-1990).

El catálogo sísmico colombiano se inicia con el terremoto de 1566, el cual afectó a Popayán y Cali: "...ocurrió un terremoto, el mismo año de 66, que arruinó, especialmente en Popayán, los edificios de tapias y tejas que se empezaban a construir, pero dejó en pie los de bahareque o embarrado, que llamaban, y paja, como era casi en su totalidad el caserío de Cali..." (*Arboleda*, 1956, citando a Cieza de León en "Crónica del Perú").

Entre los principales terremotos en la historia de la ciudad, algunos todavía no catalogados, se destacan los siguientes:

1672 a 1768: "...fortificación de la capilla mayor y cuerpo de la iglesia, que

tanto lo necesita como por vista de ojos vemos estarse desmoronando por todas partes con la antigüedad y muchos temblores" (Actas del Cabildo de Cali, in Arboleda, 1956). No catalogado.

1766, julio 9: El Cabildo escribió al Virrey: *"El nueve del corriente julio acometió en esta ciudad como a las cuatro de la tarde un formidable terremoto y tan fuerte que desde los primeros remesones descompuso templos, casas altas y bajas del centro de la ciudad, en tal forma que no son capaces de habitación, por cuya causa y la de haberse continuado los temblores de hora en hora hasta el día diez y nueve y con alguna mas tregua hasta el día veinte y tres, que fue el último que se sintió, se haya el vecindario recogido a barracas en el despoblado, huyendo la ruina que amenazan los edificios [...] pero este caso no es para pintarlo, porque sólo la vista explicará bien la desolación de la ciudad, que no se recupera ni en muchos años ni con muchos miles, como está de presente ..."* (Actas del Cabildo de Cali, in Arboleda, 1956).

1884, noviembre 6: *"El evento más fuerte sentido en los últimos 50 años; una iglesia y varias casas fueron seriamente afectadas"*. (Meyer, 1983a)

1906, enero 31: Sobre este evento, cuyo proceso focal se inició a centenares de kilómetros, frente a las costas de Ecuador y Colombia, varios reportes (Archivos de prensa; Sebastián, 1965; Rudolph & Szirtes, 1911) indican daños en Cali, principalmente en iglesias.

1925, junio 7: Este evento ha sido relocalizado (Meyer, 1990) probablemente en cercanías de Cali, asociado a alguna fuente sísmica al occidente de la ciudad entre la cordillera Occidental y el Océano Pacífico. La intensidad en Cali fue de VII-VIII. Aun cuando el evento ocurrió sobre un escenario urbano muy diferente al actual los reportes parecen indicar intensidades similares a las de 1766 y mayores que las de eventos posteriores.

Entre los eventos fuertes más recientes y mejor documentados, aquéllos ocurridos en diciembre de 1961, julio de 1962, febrero de 1967, noviembre y diciembre de 1979 y noviembre de 1991, produjeron intensidades de VI+ a VII en la ciudad (escala Mercalli Modificada).

8. APUNTES SOBRE GEOMORFOLOGIA Y PROCESOS EROSIVOS Y SUS INTERACCIONES CON LA CIUDAD

VERTIENTE ORIENTAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL. Se incluyen aquí el piedemonte y las vertientes entre las cotas 1080 (área urbanizada) y 1350, límite superior de las áreas de expansión (Concejo Municipal de Santiago de Cali, 1991; DAPM, 1992) Esta unidad está conformada por depósitos de vertiente de pequeña extensión, del orden de pocos kilómetros cuadrados, flujos de escombros (flujos de lodo, principalmente sobre

laderas en rocas terciarias). Al sur de la ciudad, entre las cuencas de los ríos Cañaveralejo y Meléndez, se encuentran depósitos de flujos de escombros sobre saprolitos de la formación volcánica. Estos depósitos presentan a su vez huellas de movimientos de masa y han sido sometidos, a partir de 1980, a procesos de urbanización con generación de deslizamientos lentos (cms/día) en los barrios Brisas de Mayo y San Francisco, *Granja* (en preparación).

Asociados a la ruptura de pendiente entre la cordillera y el valle (Figura 6) se localizan también dos grandes depósitos de derrubios, uno entre los ríos Cali y Aguacatal (barrio Terrón Colorado) y otro en el río Pance. El depósito de Terrón Colorado reposa sobre rocas de la Formación Volcánica y ha sido sometido, a partir de la década de 1950, a un proceso de urbanización creciente.

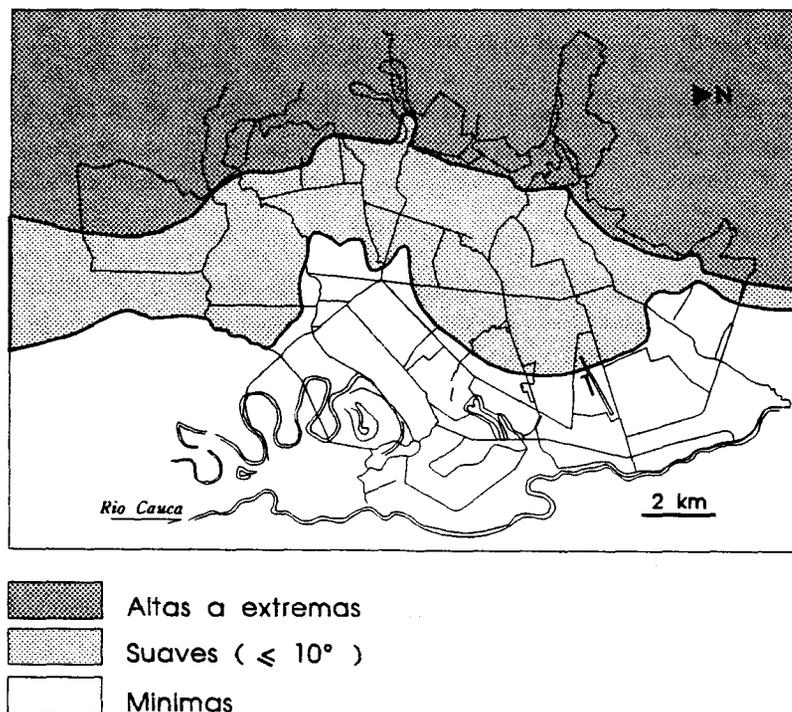


Fig. 6. Zonificación general de pendientes

Las vertientes sobre rocas del Terciario, cuyos estratos en general buzan al W contra la pendiente topográfica, están sometidas a procesos de erosión severa, subsidencias (socavones de minas de carbón) y, en menor medida, a deslizamientos puntuales cuando las obras civiles tales como explanaciones para edificios y vías coinciden con planos de fracturamiento favorables a la pendiente topográfica. En cercanías de las bocaminas la disposición de estériles sin ninguna medida técnica de prevención genera, principalmente

durante aguaceros torrenciales, coladas de barro y flujos de escombros superficiales que afectan las viviendas y obstruyen las redes urbanas vertiente abajo. El primer deslizamiento urbano conocido en la historia de Cali ocurrió en 1936, cuando se iniciaron banqueos sobre rocas sedimentarias del Terciario con fines urbanísticos (barrio Juanambú)

Las vertientes sobre rocas de la Formación Volcánica son, en general, las más pendientes y hasta ahora las menos urbanizadas. Sobre ellas se han producido casos puntuales de desestabilización y caída de bloques en zonas de meteorización y/o de fracturamiento, generalmente inducidas por cortes de vías y explanaciones para viviendas, así como acarreo de escombros (estériles de canteras echados sobre las laderas) durante aguaceros torrenciales.

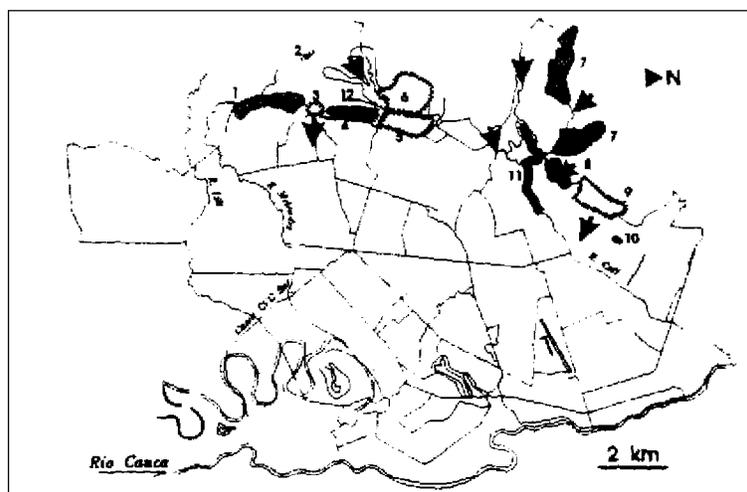
El cerro de las Tres Cruces, conformado por rocas del Terciario y de la Formación Volcánica presenta sobre su costado sur un megadeslizamiento de cerca de 1 km², aparentemente controlado por trazas de falla del sistema Cauca, cuya base parece haber desviado el curso del río Cali. Su edad es desconocida y no hay reportes de desplazamientos en épocas históricas. Sobre él ocurre un reciente proceso de urbanización en altura y actualmente (julio de 1992), de ocupación parcial por asentamientos subnormales, así como minería de carbón y extracción de bloques de arenisca para construcciones.

COSTOS MONETARIOS DE PROCESOS GEOLOGICO-URBANOS EN LADERA. En la Fig. 7 se presenta la localización de algunas de las áreas de ladera con procesos geológicos amenazantes así como un estimativo de costos para una selección de 12 casos de emergencias urbanas y medidas de mitigación entre 1984 y 1992. La cifra parcial estimada, US\$ 17.5 millones (doce mil doscientos cincuenta millones de pesos a \$ 700 por 1 US\$), equivale a cerca del 12% de presupuesto del Municipio para 1993

CONOS Y DEPOSITOS ALUVIALES. Son grandes depósitos interdigitados, producto de los aportes de los ríos Cali, Cañaveralejo, Meléndez y Pance, entre los 1050 y 980 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente. El cono de Cali, sobre el cual se desarrolló la ciudad hasta la década entre 1940 y 1950, está conformado por capas de bloques subredondeados y meteorizados de rocas volcánicas, de tamaños decimétricos en una matriz limo arenosa, con intercalación mal definida de estratos limo arenosos y lentes de arena y gravas. Los suelos son medianamente consolidados y no se dispone de reportes históricos sobre procesos geológicos amenazantes ni de dificultades geotécnicas especiales para cimentaciones normales. El nivel freático se encuentra entre 2 y 12 metros de profundidad,

según la posición topográfica con respecto a los ríos.

El río Cali, cuyos depósitos se desplazan sobre su margen izquierda hasta el inicio del piedemonte (barrios Centenario, Granada, Versalles, etc.), ha sido objeto, desde los inicios de la población, de obras de mitigación frente a avenidas torrenciales y erosión lateral, Velásquez (1990b). Su cauce fue variado en diversas épocas en el centro de la ciudad, Vásquez (1982).



- Áreas de procesos activos y recientes
- ▶ Concentración de aportes de sedimentos a los drenajes urbanos
- 1. Movimientos de masa puntuales, depósitos de vertiente
- 2. Movimiento de masa subcual (millones de metros cúbicos)
- 3. Erosión severa, deslizamientos, subsidencia. Costo de relocalización de 1200 familias: US\$ 3,5 millones. Sedimentación en barrios bajos: US\$ 2 millones.
- 4. Erosión severa, subsidencia
- 5. Barro Siloé. Subsidencia e inestabilidad puntuales
- 6. Altas pendientes en saprolitas, removilización de deslizamientos. Caso Brisas de Mayo: US\$ 1 millón
- 7. Zona de canchales. Evento torrencial 1989: US\$ 1 millón
- 8. Megadeslizamiento, inestabilidad inducida por taludes, erosión severa y subsidencia al Norte
- 9. Fuerte erosión. Relocalización de 350 familias: US\$ 2 millones; sedimentación: US\$ 3 millones
- 10. Deslizamiento puntual, 1990. Costos directos US\$ 1 millón
- 11. Crecientes del río Cali 1984, 1986. US\$ 2 millones
- 12. Embalse para amortiguamiento del río Cafarevalejo. US\$ 2 millones

Fig. 7. Procesos en laderas

LA LLANURA ALUVIAL. Corresponde a una franja entre los conos aluviales y el río Cauca cuyo nivel inferior, unos dos metros por debajo del nivel medio del río, se encuentra en la cota 956. Esta zona está conformada por depósitos recientes limo-arcillosos de alta plasticidad a limo-arenosos, principalmente producto de aportes del río Cauca.

Sobre la zona plana, incluyendo también aquella cartografiada como "Conos y depósitos aluviales" (Fig. 4), además de los *depósitos paleolacustres* (?) (Fig. 8), se encuentran

zonas con presencia de arcillas expansivas cuya distribución y características geotécnicas son objeto de estudio. *Villafañe* (1990), entre otros, ha realizado evaluaciones sobre ellas incluyendo recomendaciones para cimentaciones.

LA LLANURA INUNDABLE Y EL DISTRITO DE AGUABLANCA, IMPLICACIONES DE USOS Y COSTOS DE URBANIZACION. Desde la década de 1970, y parcialmente bajo el impulso del terremoto-maremoto de diciembre 12 de 1979 en la costa del Pacífico, mediante un proceso acelerado de especulación de tierras ("barrios piratas") se terminó por regar al Distrito con viviendas. Los suelos blandos y el nivel freático cercano a la superficie (que implican agrietamientos frecuentes de viviendas, escuelas, etc. y consiguientes reemplazos de suelo), el complejo hidráulico de canales y jarillones (diques), la necesidad permanente de bombeo de aguas residuales hasta el río Cauca, la dificultad y altos costos de dotación de infraestructura (redes de alcantarillado local a 8 metros de profundidad en suelos arenosos saturados con costos de un millón de pesos -aprox. US\$ 3.000- por metro lineal en 1988; *Prof. G. Villafañe*, comunicación personal), han conducido a la ciudad y al país a empréstitos multimillonarios para sostener uno de los procesos de urbanización más costosos en Colombia: el Distrito Urbano de Aguablanca y demás urbanizaciones ribereñas del río Cauca.

Un caso adicional sirve para ilustrar lo señalado: en 1983 se gestionó un empréstito ante el Banco Interamericano de Desarrollo en el marco del "Acuerdo Interinstitucional para una Célula Piloto de Desarrollo Urbano en Asentamientos Populares" (*Casasfranco et al*, 1984); se trata del barrio El Vallado para el cual los autores señalan una densidad de ocupación esperada de 500 habitantes/Ha. Los costos más altos del proyecto fueron los de dotación de acueducto y alcantarillado (33%), seguidos por el valor del terreno (19.5%). El valor del metro cuadrado en la época, incluida la adecuación del terreno, era de \$2.570. A mediados de 1992 en la zona de expansión urbana en terrenos bajos comprendidos entre el distrito de Aguablanca y el río Cauca se están ofreciendo lotes a \$38.000 el metro cuadrado (*El País*, agosto 9 de 1992). Las figuras 8 (potencial de licuación) y 9 (coeficientes de sitio, según el Código de Construcciones Sismo-resistentes) son el resultado de integrar información disponible (cartográfica, de fotografías aéreas, inspecciones de campo, informes geotécnicos, etc.). Ellas deben ser entendidas como una primera aproximación, como propuestas de investigaciones futuras y necesarias que cada vez deben conducir con mejor grado de refinamiento a la microzonificación del territorio urbano. Por estas razones, no se recomienda su utilización directa y acrítica con fines normativos o constructivos.

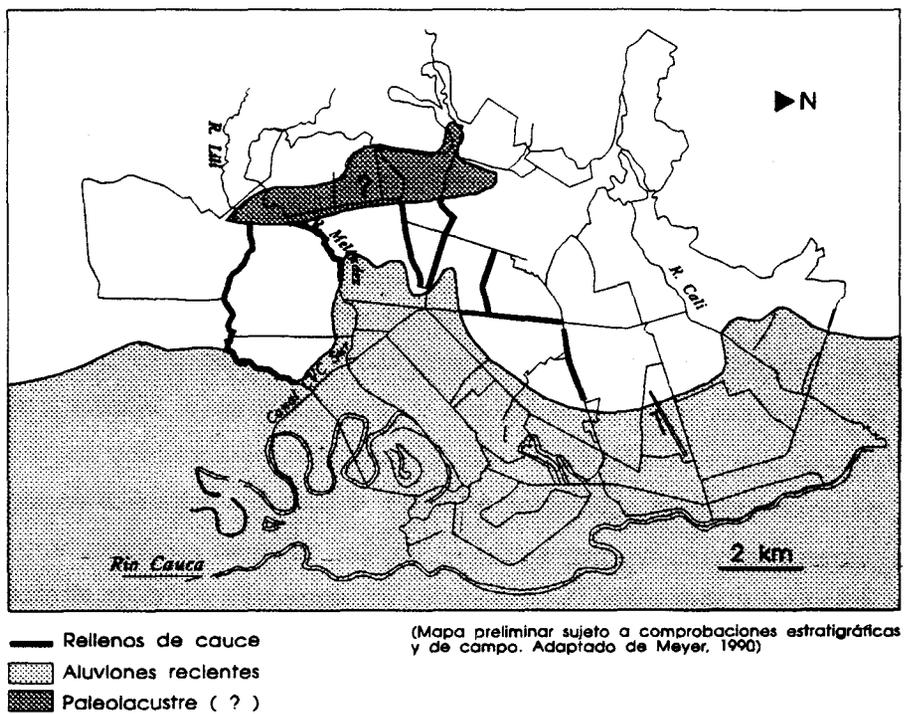


Fig. 8. Potencial de licuación

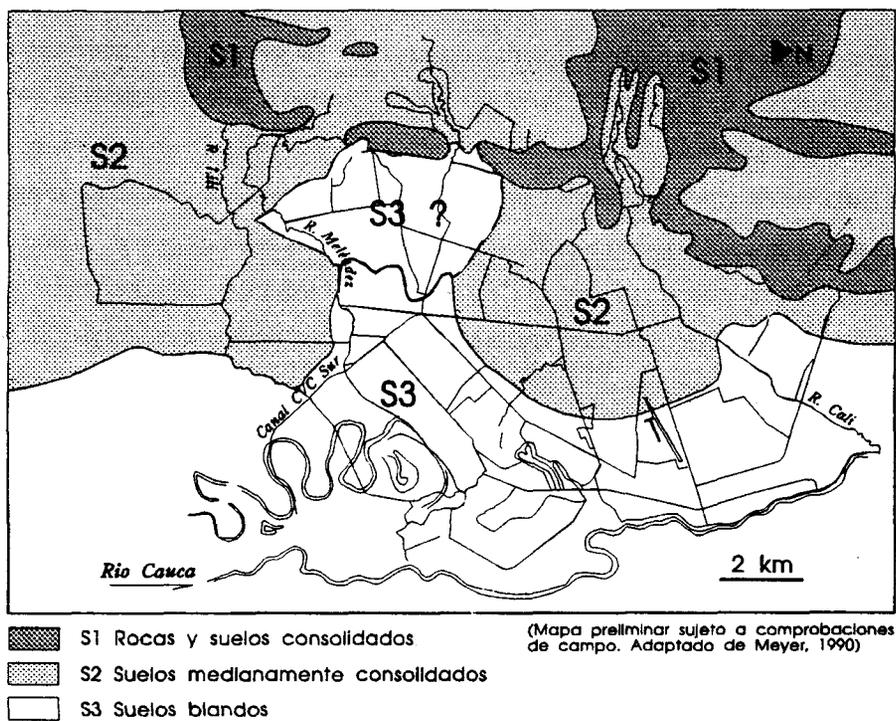


Fig. 9. Coeficientes de sitio

Sobre la llanura, inundable hasta épocas recientes, se ha construido un complejo hidráulico de canales y jarillones (diques) cuyo objetivo inicial fue convertir la zona en un distrito de riego, el Distrito de Riego de Aguablanca. La llanura de inundación (Fig. 10) ha sido delimitada mediante reportes históricos (i. e., *Sarasti*, 1983), por tradición oral y archivos de prensa y por reconstrucción de cotas a partir de mapas parciales para obras civiles.

La represa de Salvajina, uno de cuyos propósitos es la regulación del río Cauca y la habilitación permanente de tierras para fines agrícolas, ha servido también para mitigar las inundaciones en el área urbana de Cali. Este hecho, así como la infraestructura hidráulica y de servicios ahora disponible sobre la antigua llanura de inundación, ha despertado expectativas en diversos sectores sociales (pobladores, actuales propietarios de tierras), políticos e institucionales para promover la replicación del Distrito en la franja por ocupar hasta el río Cauca y también al sur, en la zona de cauces abandonados (corregimiento Navarro).

Un aspecto geomorfológico y de dinámica fluvial no resuelto es el de las causas y época de migración del río Cauca desde la zona de antiguos meandros hasta el actual cauce, al oriente de la ciudad. Los reportes más antiguos disponibles indican problemas de tenencia de tierras en la segunda mitad del siglo XIX, asociados a cambios de curso de afluentes sobre la margen derecha, por fuera del perímetro municipal (*Luis Valdivia*, Departamento de Historia, Universidad del Valle, comunicación personal).

Desde esta perspectiva, pero también desde la del desarrollo urbano de la ciudad en su conjunto, parece imprescindible abordar la historia de los terrenos al oriente de Cali y de sus usos. Al respecto, vale mencionar algunas de las investigaciones que aportan análisis y referencias: *Colmenares* (1983), *Mosquera & Aprile-Gnisset* (1984) y *Pacheco* (1984), quienes investigaron la evolución de la propiedad de tierras ejidales desde la época colonial, y *Valdivia* (1984), quien aporta documentos de finales del siglo XIX para dilucidar el proceso mediante el cual se expulsó a los labradores independientes de orillas del Cauca hacia, por ejemplo "...sementeras productivas [...] de nuestras sanas y fértiles montañas..." y sobre proyectos concomitantes para desaguar la ciénaga Agua Blanca (periódico *El Ferrocarril*, # 2, 22 de febrero de 1878 y # 173 del 28 de octubre de 1881, in *Valdivia*, 1984). Un argumento muy esgrimido en la época para obligar a la migración era el de la insalubridad del territorio. A la vuelta de un siglo los labradores y jornaleros volvían para comprar (¡a otro precio!) los terrenos de donde una vez salieron también con el argumento mencionado de ser bajos e insalubres.

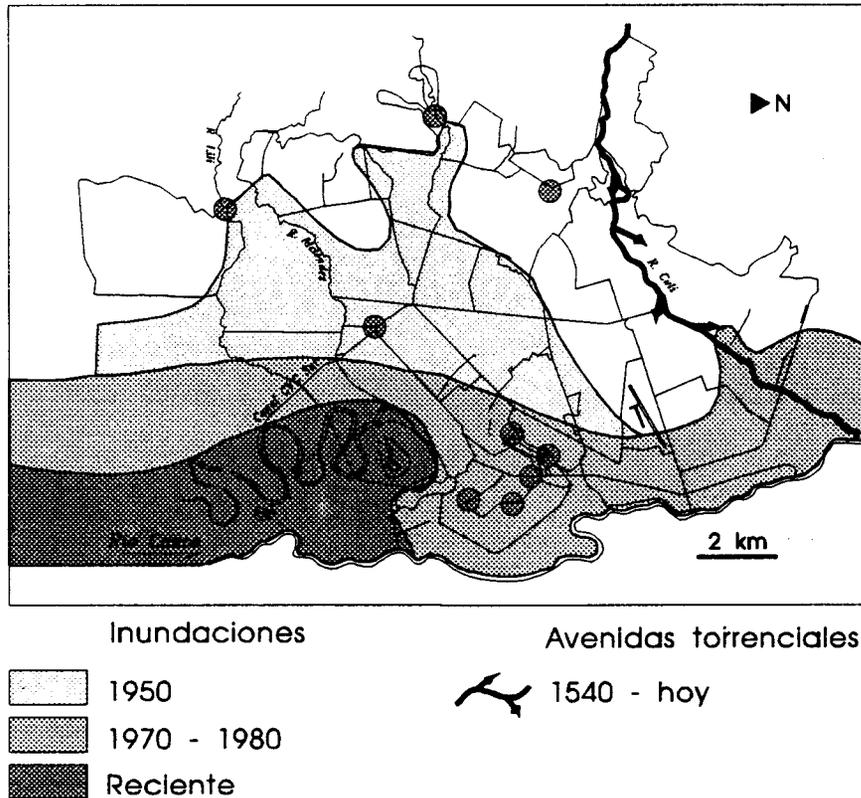


Fig. 10. Inundabilidad histórica

RELACIONES COSTO-BENEFICIO. También en este aspecto la ciudad requiere de investigaciones que conduzcan a la evaluación de las relaciones costo-beneficio de la ocupación de los terrenos blandos e inundables. Los múltiples parámetros que se deben considerar incluyen variables sociales, culturales y físicas: salud (saneamiento básico, morbimortalidad), costos de infraestructura, valor y renta del suelo, cambios de uso agrícola-urbano, costos de construcción y mantenimiento de obras de mitigación (canales y jarillones, sistemas de bombeo, obras de regulación del río Cauca), transporte, costos de construcción de vivienda y reposición por daños debidos a efectos físicos, endeudamiento y pago de tasas de interés, indicadores de tasas de ocupación (áreas verdes y recreativas, densidades de población y vivienda), costos ambientales, demanda y satisfacción (física y humano-cultural de vivienda), etc. Estas investigaciones deberían considerar los intereses sectoriales (i.e., tasas de retorno de inversiones en servicios básicos) pero sin limitarse a ellas. En otras palabras, los intereses sectoriales deben ser analizados en el marco de un plan de investigaciones más amplio con el objeto de contribuir a la construcción de horizontes y políticas de planificación menos dependientes de intereses de corto plazo (UNDRO, 1979). Programas de esta naturaleza podrían ser incorporados a los bancos de

proyectos del Departamento Administrativo de Planeación Municipal (*Sánchez et al.*, 1992).

9. LOS SUELOS Y TERRENOS DE CALI, ASPECTOS GEOTECNICOS

A manera de síntesis, los aspectos geotécnicos problemáticos y relevantes en la ciudad, asociados con los tipos de suelos en las diferentes unidades geomorfológicas, son

EN ZONAS DE LADERA:

-Desprendimiento de bloques en zonas de intenso fracturamiento en rocas de la Formación Volcánica y en cuñas (diaclasas cruzadas con planos de estratificación), en rocas del Terciario. Este es un problema todavía poco frecuente del cual ocurren casos aislados, principalmente en barrios subnormales.

-Deslizamientos en saprolitos (suelos rojos) de rocas de la Formación Volcánica al SW de la ciudad. Los movimientos corresponden a removilización de depósitos geológicos, a deslizamientos planares en estructuras heredadas (fallas, diaclasas), o se deben a la ejecución de cortes sobreempinados y a asentamientos y corrimientos de rellenos. Por lo general los movimientos han ocurrido en periodos lluviosos, en zonas con afloramiento del nivel freático y, principalmente, asociados a fugas de aguas en redes hidráulicas deficientes.

-Subsidencias. El fenómeno se presenta a lo largo de antiguos socavones de minas de carbón. No se dispone de evaluaciones detalladas sobre su localización y grado de actividad. Para emprender su evaluación se requiere, en primer lugar, proveer un inventario de las minas y socavones presentes en las laderas urbanas y suburbanas.

-Flujos de escombros. Se han producido en laderas con deposición de estériles de minería (cerca a las bocaminas) y de canteras. Recientemente se ha identificado un proceso acelerado de disposición de escombros de construcción, e incluso basureros, principalmente en las cuencas de los ríos Cali y Aguacatal. Los mayores flujos recientes (julio 1984, julio 1986, octubre 1989), asociados a aguaceros torrenciales locales de más de 100 mm de precipitación en una hora, tuvieron una alta componente de materiales finos (coladas de barro) que generaron obstrucción de redes urbanas de alcantarillado en áreas extensas, más allá del impacto directo de los escombros.

-Erosión concentrada. Se presenta más notoriamente en las laderas de rocas terciarias en donde la vegetación se reduce a matorrales y los estratos de lutitas y *shales* expuestos son fácilmente meteorizables y erodables. Los casos más severos se localizan en terrenos de antigua minería (cerro de La Bandera y Los Chorros). En el cerro de La Bandera el fenómeno está asociado directamente a 40 kilómetros

de terracedos que lo circundan, hechos para extracción de material destinado a rellenar los socavones de carbón bajo el cerro. Este último es un caso que amerita un estudio específico sobre la relación costo-beneficio de medidas técnicas de mitigación que conducen a problemas mayores que los que pretenden solucionar.

EN LOS DEPOSITOS ALUVIALES:

- Lentes de arenas y turbas** en depósitos de gravas frescas (margen izquierda del río Cali)
- Zonas con depósitos limo-arcillosos con ocasionales lentes de turbas y, localmente, niveles freáticos superficiales.** En varios proyectos se han requerido cimentaciones especiales tales como pilas, pilotes y losas flotantes, y aún reemplazos de suelo.
- Arcillas expansivas.** Su distribución y características deben ser objeto de estudios y cartografía
- Depósitos limo-arenosos y arenosos con niveles freáticos altos** Localmente, estratos con alto contenido orgánico, que sufren asentamientos y provocan agrietamientos de construcciones, incluso viviendas de 1 piso El potencial de licuación asociado debe ser objeto de un programa de cartografía, de caracterización de los depósitos y de su cuantificación.
- Rellenos** Tanto naturales (paleocanales) como artificiales (zonas pantanosas, zonas deprimidas e inundables, riberas de ríos y quebradas). A ellos se encuentran asociados asentamientos y agrietamientos en viviendas.

10. FUENTES DE AGUA Y DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

AGUA. El agua para usos domiciliarios e industriales fue tradicionalmente obtenida del río Cali (acueducto desde la época colonial) y de acuíferos someros y profundos cuya regulación e inspección técnica está a cargo de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CVC Con el crecimiento de la población ha sido necesario utilizar, previo tratamiento y bombeo, aguas del río Cauca y de fuentes menores, generalmente a través de acueductos comunitarios en zonas de ladera. Entre los proyectos futuros se encuentran tres acueductos La Reforma (en ejecución), sobre la cuenca del río Meléndez, Cali Alto (río Cali) y Pance, con los cuales se aspira a satisfacer la demanda en las partes altas de la ciudad disminuyendo costos por bombeo. El proyecto Pance se localiza sobre un río de alta torrencialidad histórica y aguas arriba del sitio más utilizado de la ciudad para el esparcimiento popular Además de incompatibilidad de usos, lo cierto es que estos

proyectos no satisfacen la demanda en el futuro cercano, por lo que se han considerado otros proyectos tales como un canal desde el río Timba, desde unos 30 Km al sur (hecho que podría propiciar asentamientos humanos subnormales a lo largo de su recorrido), o trasvases mediante túneles en la cordillera Occidental desde la vertiente del Pacífico. Por otro lado, la disposición de servicios "jalona" procesos de ocupación de terrenos poco o no aptos para viviendas, como ocurre actualmente en inmediaciones de la planta del Acueducto La Reforma, con asentamientos subnormales sobre terrenos con subsidencia activa y sobre cicatrices de deslizamientos. En la Figura 11 se muestra la localización de algunas obras de infraestructura de acueducto. La ciudad presenta un déficit inmediato de agua potable que probablemente la someterá en el futuro próximo a racionamientos.

La mayor planta de tratamiento (Puerto Mallarino, junto al río Cauca) está localizada aguas abajo de algunos de los canales que conducen las aguas negras al río Cauca. Los costos de potabilización obviamente se incrementan por ello.

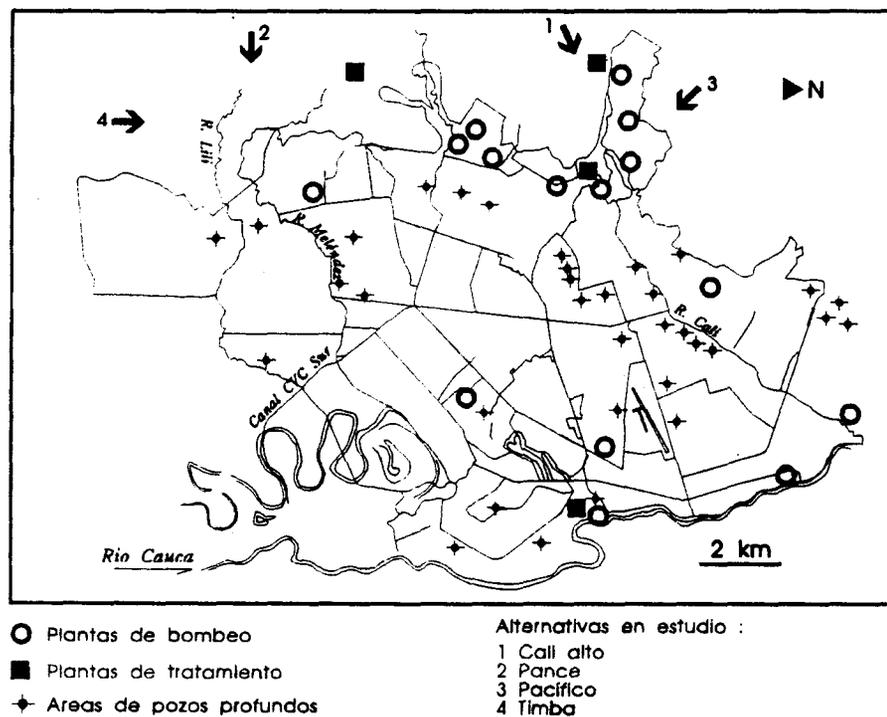


Fig. 11. Suministro de agua

MATERIALES DE CONSTRUCCION. El único material de construcción disponible en inmediaciones de la ciudad son los pétreos para agregados; las arcillas, arenas y calizas son importadas desde distancias hasta de 40 kilómetros. La fuente de arena más cercana (Juanchito, en el río Cauca, Fig. 12) se encuentra también contaminada por residuos urbanos vertidos desde los canales aguas arriba del sitio (Cubillos & Torres, 1988).

Igual que para el caso del carbón, *Hermelin* (1983), el proceso de expansión urbana entra en conflicto con las fuentes de materiales necesarios para la construcción de la ciudad. Dos aspectos complementarios pero también necesariamente diferenciables se conjugan en los usos del suelo: por un lado, las explotaciones deben ser todo lo limpias posible mitigando al máximo el impacto ambiental que producen, y por el otro, la ciudad debe proteger sus fuentes de materiales reglamentando también las prácticas urbanísticas y de otros usos incompatibles cercanos a ellas.

Un aspecto conflictivo adicional debe también ser mencionado: Cali, al igual que Medellín y Bogotá seputan cada día parte de las mejores tierras agrícolas del país, *Hermelin* (1983).

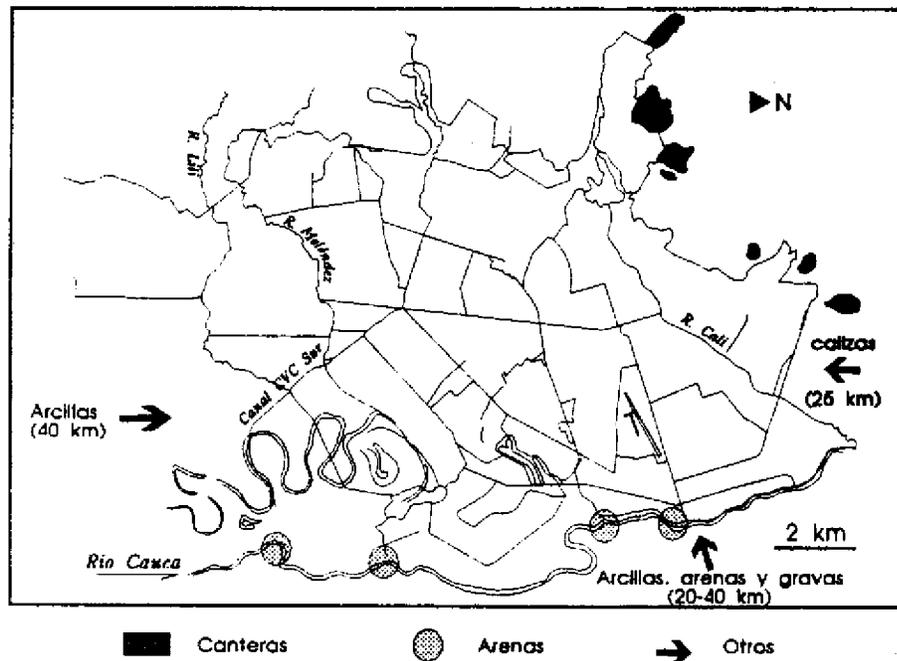


Fig. 12. Materiales de construcción