

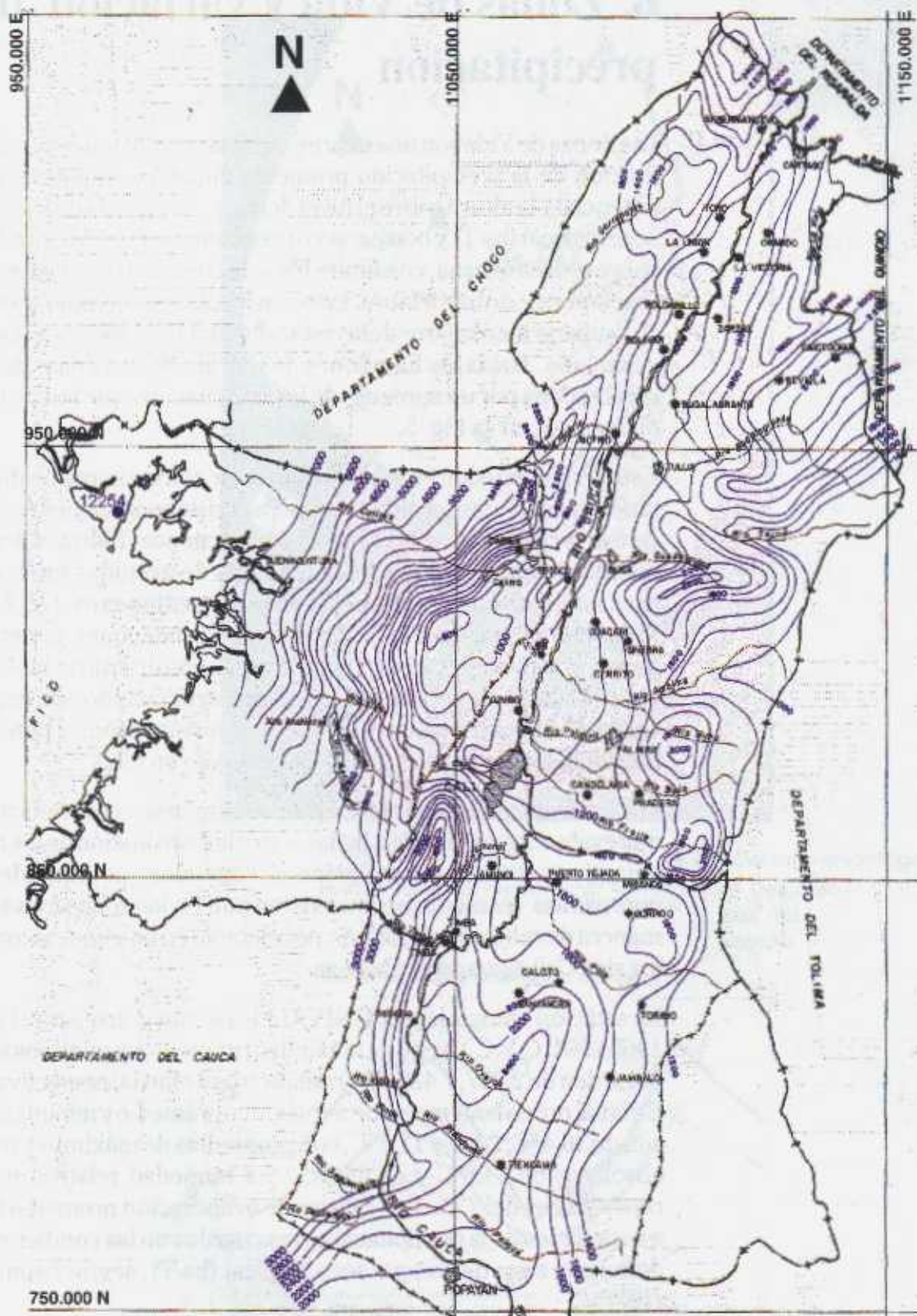
5. Precipitación promedio anual regional (isoyetas)

El clima regional y el de Cali están controlados por su posición ecuatorial y por la forma y disposición de las cordilleras. El paso sobre la región, dos veces al año, de la Zona de Convergencia Intertropical que puede definirse como una franja de masas de nubes cargadas de vapor de agua, se traduce en dos períodos lluviosos entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre. Adicionalmente, la disposición de una enorme masa de aguas cálidas frente al Litoral Pacífico y fenómenos de carácter más global como El Niño (un cambio cuasiperiódico en el nivel medio de temperatura del Océano Pacífico), en combinación con otros factores climáticos, hacen que las condiciones de pluviosidad varíen drásticamente en algunos años. Tal es el caso de los años 1982-1983 y 1991-1992, durante los cuales hubo déficit de precipitación en la región andina, lo que condujo a severos racionamientos de energía y parcialmente, del servicio de agua potable.

La Costa del Pacífico y las cordilleras Occidental y Central delimitan dos grandes zonas de características climáticas y ecológicas muy diferentes: la llanura del Pacífico, selvática, con abundante precipitación, suelos pobres y baja densidad de población y la cuenca del río Cauca, con muchas tierras cultivables, agua suficiente, suelos fértiles y alta densidad de población, sobre todo en la parte plana.

En la región las menores precipitaciones ocurren en la cuenca del Alto Dagua (menos de 800 mm/año) en aparente relación con otro mínimo entre Vijes y El Cerrito. Las mayores ocurren hacia el Litoral Pacífico, con un máximo registrado en Bahía Málaga después de 10 años de operación de un pluviógrafo allí, con registros que han superado los 500 mm en 24 horas. En cercanías de Cali, como es general, las curvas de igual precipitación tienden a seguir el contorno de la montañas, con alteraciones locales debido a la confluencia de cuencas de ríos tributarios al Cauca y a la altura y disposición de las montañas. Tal es el caso de los Farallones, sobre los cuales los promedios anuales llegan a ser de 4.000 mm. Sobre el área urbana hay una diferencia de precipitación del orden de 600 mm al año, con promedios de 1.600 mm al Sur y 1.000 mm al Norte. Esta diferencia de precipitación se expresa también en la Figura 6 en términos de las Zonas de Vida, con repercusiones sobre el grado de alteración (meteorización) de las rocas y con implicaciones sobre las ofertas y amenazas ambientales en el territorio municipal (ver también Fig. 11).

La información ha sido adaptada del Informe CVC No. 85-2 (González, 1984), "Distribución mensual y anual de la precipitación en las cuencas hidrográficas del Alto Cauca, Anchicayá, Dagua y Calima", obtenida a partir del procesamiento de datos de 294 estaciones de la CVC, del HIMAT, de CENICAFÉ y de CENICANA.



Fuente: González (1984). La precipitación media anual en Bahía Málaga, según datos CVC.

Figura 5. Precipitación promedio anual (Isoyetas)

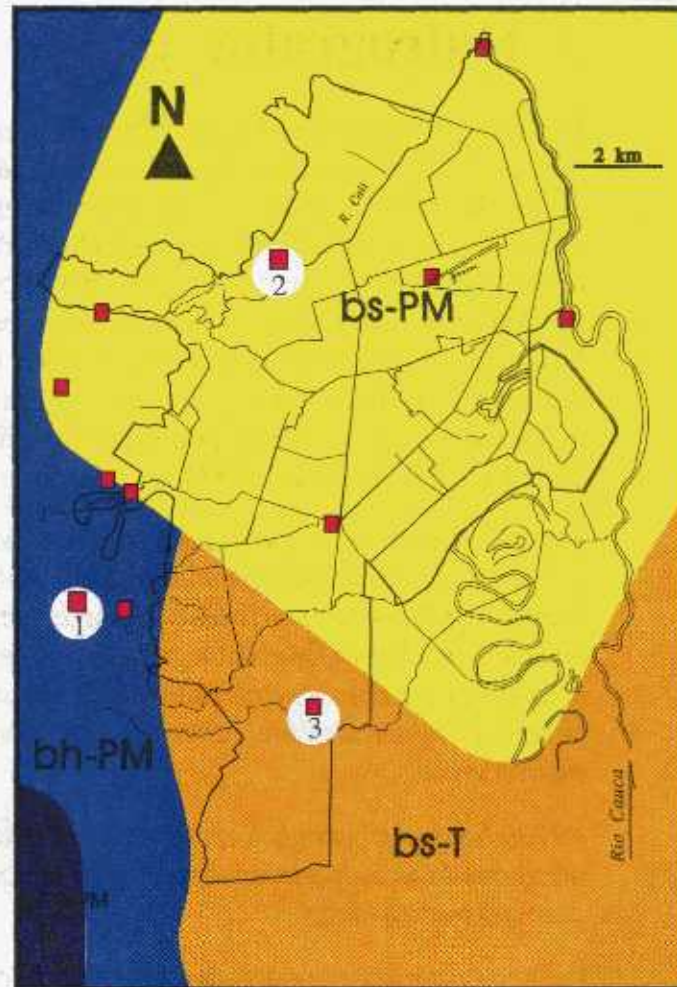
6. Zonas de Vida y variación de la precipitación

Las Zonas de Vida son una expresión de las condiciones climáticas en función de la precipitación promedio anual, la evapotranspiración potencial y la altura sobre el nivel del mar. Las Zonas de Vida bosque seco tropical (bs-T) y bosque seco pre-montano (bs-PM), predominan sobre el área urbana, con límite hacia la cuenca del río Cañaveralito, (hacia donde es mayor la precipitación media anual), como se evidencia al comparar los registros de las estaciones meteorológicas El Descanso y San Luis. Hacia los Farallones de Cali al SW, las Zonas de Vida se caracterizan por un aumento de la precipitación, que puede también observarse en la Fig. 5.

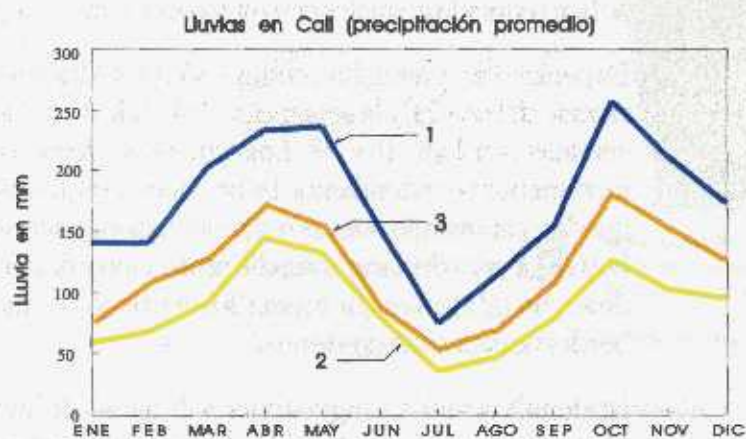
Estas Zonas pueden entenderse también como expresión directa de la necesidad de protección y recuperación de condiciones ecológicas: conservar y recuperar la vegetación y las cuencas hidrográficas como fuentes de agua; como amortiguadoras de avenidas torrenciales y para minimizar la erosión y el acarreo de sedimentos. Las Zonas de Vida son, además un indicador de las condiciones generales de meteorización de las rocas: para el mismo tipo de unidad litológica, la profundidad de la roca meteorizada es mayor cuando está expuesta a regiones de mayor humedad. Por esta misma razón, el potencial de inestabilidad de laderas puede ser más alto en ellas.

Los límites de las Zonas de Vida deben tomarse como indicativos ya que evaluaciones más detalladas sobre la distribución de los factores climáticos y de las asociaciones vegetales, podrán identificar microzonas - como de hecho existen aún en las zonas más secas - a manera de relictos de bosques; por ejemplo en las cuencas medias de los ríos Cali-Aguacatal y Menga.

La estación climatológica UNIVALLE (según datos para el período 1966-1994, C.V.C.), reporta máximos, promedios y mínimos anuales, del orden de 2.027, 1.427 y 850 milímetros de lluvia, respectivamente. En igual orden las temperaturas máxima, promedio y mínima absoluta son de 36,4 °C, 24 °C y 11,5 °C, con promedios de máximos y mínimos absolutos de 34,6 °C y de 14,2 °C. La humedad relativa promedio reportada es del 73%. Los valores de evaporación promedio tienden a superar los de la precipitación, de acuerdo con las condiciones que definen la zona de bosque seco tropical (bs-T), según Espinal, et al (1977).



- | | | |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| bs-T | Bosque seco tropical | ■ Estaciones meteorológicas: |
| bs-PM | Bosque seco premontano | 1 El Descanso |
| bh-PM | Bosque húmedo premontano | 2 San Luis |
| bmh-PM | Bosque muy húmedo premontano | 3 Univalle |



Fuentes: Espinal et al (1977), CVC (1996), Según OSSO para DAPM (1995).

Figura 6. Zonas de vida y variación de la precipitación

7. Hidrografía

Desde la Cordillera Occidental los principales drenajes urbanos comprenden, de Sur a Norte, los ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo y Cali-Aguacatal. Todos ellos al llegar al valle del Cauca, forman extensos depósitos en forma de conos sobre los cuales se ha emplazado la urbe. Al Oriente, el río Cauca, puede considerarse como un sistema fluvial complejo con inundaciones frecuentes, con madre viejas, humedales y lagunas, en una llanura aluvial fértil. Los procesos de intervención de los drenajes, mediante desvíos, canales, desecación de humedales y diques o jarillones para la protección de inundaciones, se remontan a épocas tempranas. En la Historia de Cali (Arboleda, 1956, Velásquez, 1990), se encuentran relatos como los siguientes:

- 1627: *“El río (Cali) se aprovechaba, de seguro, para la navegación en balsas y canoas; existía a la orilla de él, junto a la entrada en el Cauca, un embarcadero”. El camino a Buenaventura, en las afueras de la ciudad pasaba tres veces el río y “en la orilla derecha se habían formado tres grandes hoyos hasta ganar la loma”. Se propuso abrir un nuevo camino que solo vadearía el río en un sitio, se cavarían fosos para proteger de toda servidumbre las tierras del camino anterior y éstas se dedicarían a cultivos agrícolas.*
- 1739: *Según el procurador Don Francisco Domínguez de Riascos “el río estaba invadiendo la ciudad por las crecientes” y se pidió a los vecinos apoyo para obligarlo a correr por su lecho antiguo.*

La intervención sobre los drenajes, inicialmente concentrado en el río Cali, se extendió a quebradas menores desde los años 1930, a medida que la ciudad se extendía, y continúa hoy en día. De los espacios para el disfrute colectivo de las aguas hoy sólo quedan reductos en los ríos Cali y Pance, mientras que en el área urbana, con la excepción de algunos tramos del Cali y del Meléndez, se han reducido a canales con muy pocos atractivos paisajísticos.

Es perentorio, y así lo han comprendido el Municipio y sus instituciones, el rescate del río Cali y la separación de los alcantarillados pluviales y de aguas servidas (ver Figs. 18 y 19). Los esfuerzos y recursos en este sentido deben incrementarse, extendiendo las acciones a los demás drenajes naturales que quedan y apoyando nuevas reglamentaciones surgidas de ideas como la del DAGMA, para declarar zonas de protección y de conservación de 30 metros de ancho (el ideal es que fueran 30 metros como mínimo a lado y lado de los bordes de cauces de crecientes).

La identificación de antiguos cursos de agua y de humedales desecados (ver Figs. 9) es de importancia a la hora de encontrar explicaciones para agrietamientos en edificaciones, daños en redes de servicios y para tomar las medidas de protección necesarias, en razón de que estos terrenos por lo general presentan deficiencias geotécnicas (ver Figs. 30 y 38).

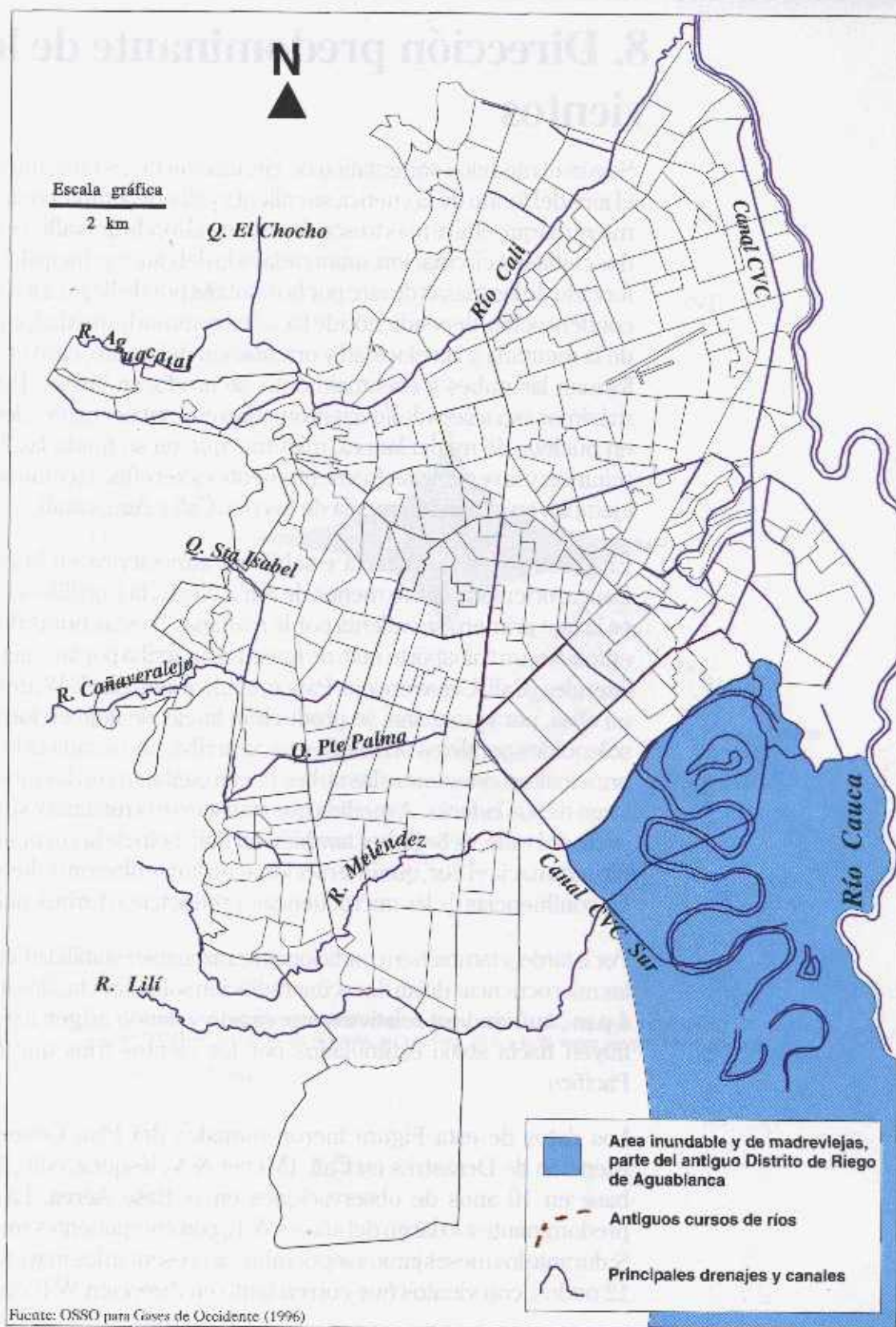


Figura 7. Hidrografía

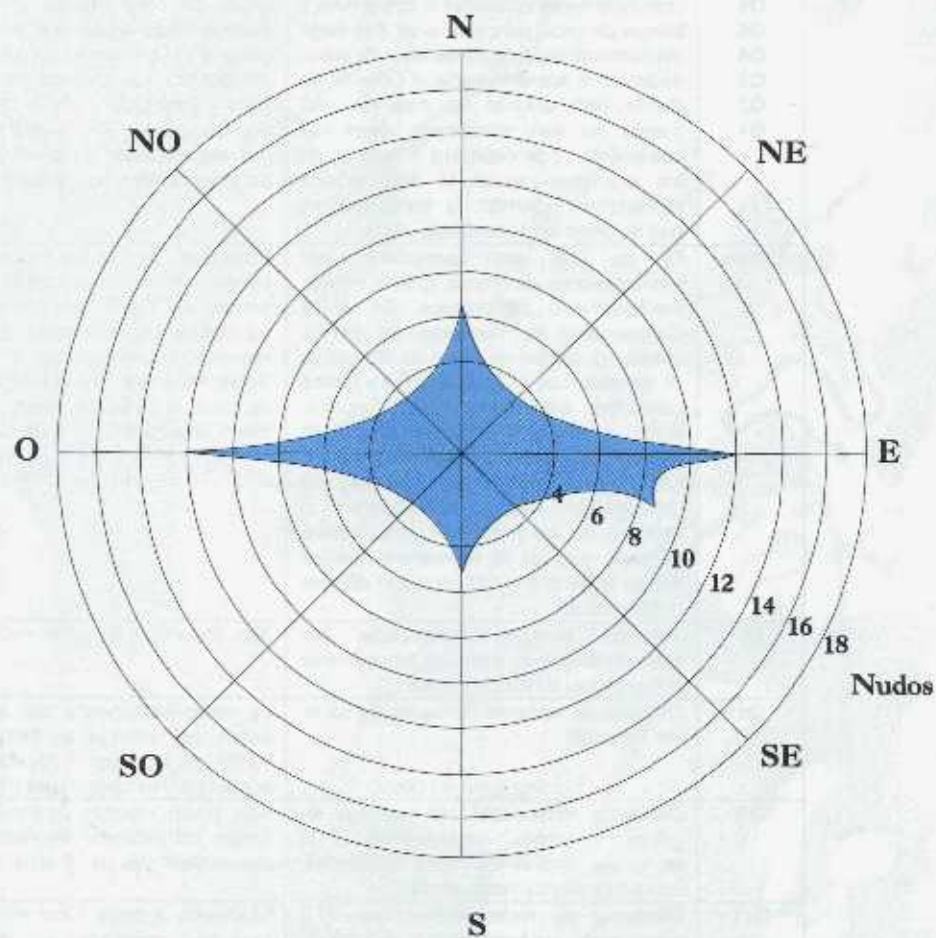
8. Dirección predominante de los vientos

Según el modelo esquemático de circulación de vientos, durante el día el aire del fondo de la cuenca se calienta y tiende a subir por las laderas, mientras que el aire más fresco desciende al fondo del valle, cerrando así dos celdas de circulación, una a cada lado del cauce principal. El ascenso forzado de las masas de aire por la montaña puede llegar a los niveles de condensación, dependiendo de factores como su humedad, la pendiente de la montaña y la velocidad y orientación del viento, caso en el cual se forman las nubes y eventualmente, se producen lluvias. Por ello, los máximos espaciales de lluvias promedias en una cuenca, tienden a ocurrir en núcleos de media ladera, mientras que en su fondo las lluvias son mínimas y la vegetación frecuentemente es xerofítica (como ocurre, por ejemplo, en la porción media de los ríos Cali y Aguacatal).

En condiciones de relativa estabilidad atmosférica en la cuenca del Cauca, orientada más o menos de Sur a Norte, la Cordillera Occidental es la que primero se calienta por la mañana. A estas horas debe haber, entonces, un transporte neto de masa hacia arriba por las microcuencas laterales (Cali, Cañaveralejo, Pance, etc.), orientadas E-W, de modo que en ellas, por la mañana, se producirán líneas de flujo en forma de dos solenoides paralelos orientados hacia arriba, uno a cada lado del cauce principal; en estos casos las nubes hacen contacto con las montañas a lo largo de sus laderas. A medida que transcurre la mañana y se calienta el suelo del valle, debe haber también un flujo neto de la cuenca del Cauca dirigido hacia el Sur, que interacciona con la circulación de los vientos en las confluencias de las microcuencas, produciendo turbulencia.

Por la tarde, y también en condiciones de razonable estabilidad atmosférica, las microcuencas dejan de recibir radiación solar directa, alrededor de las 4 p.m., enfriándose relativamente rápido y dando origen a vientos que fluyen hacia abajo estimulados por los vientos fríos que llegan del Pacífico.

Los datos de esta Figura fueron tomados del Plan General para la Atención de Desastres en Cali, (Meyer & Velásquez, edit., 1989), con base en 10 años de observaciones en la Base Aérea. La dirección predominante a lo largo del año es W-E, con componentes menores N y S; durante los meses junio a septiembre se presentan los mayores valores: 12 nudos, con vientos que corren tanto en dirección W-E como E-W.



Con base en registros de 10 años en la Base Aérea. Las mayores velocidades (12 nudos), se registran en horas de la tarde, en sentido W-E y E-W, entre junio y septiembre.

1 nudo = 1.85 km/h.

Fuente: OSSO para DAPM (1995), según Velásquez y Meyer, Edir. (1989)

Figura 8. Dirección predominante de los vientos

9. Unidades geológicas superficiales

Unidad	Composición	Estabilidad
Q7 Q6 Q5 Q4 Q3 Q2 Q1	Estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloque de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos. El espesor de estos sedimentos aumenta hacia el Oriente, en donde perforaciones de mas de 400 metros no han encontrado rocas del basamento. Los depósitos a lo largo de los ríos que cruzan el área urbana representan, además, la franja mínima que no debió ser urbanizada.	Depende del tipo de material, de su granulometría, grado de consolidación y profundidad del nivel freático. Éste, en general, está a poca profundidad cerca a los cursos de los ríos y sobre la llanura de inundación que destaca por los colores amarillo (Q4) y azul (Q5) y por la presencia de canales y depósitos de río (Q3) y de pantanos aluviales (Q2). Las excavaciones de brechas o zanjas requieren de tablestacados para evitar derrumbes.
Conos	El de Cali está compuesto por intercalaciones de arenas, gravas y limos medianamente cementados. En el de Cañaveralito es frecuente un primer estrato de arcillas de cerca de 20 metros de espesor. Los de Meléndez-Lilí y Pance presentan intercalaciones de arcillas, limos y arenas, con más abundante presencia de gravas en el último. Las diversas épocas y regímenes de depositación han interdigitado o sobrepuesto los materiales provenientes de cada cuenca, de tal manera que los límites entre uno y otro cono son difíciles de determinar.	En el Cono de Cali los materiales son relativamente estables debido a su grado de cementación. Las arcillas del Cono de Cañaveralito, sobre el cual además se ha identificado un antiguo humedal, se requiere de protecciones al realizar excavaciones. Sobre los conos Meléndez-Lilí y Pance se dispone de poca información, pero en general presentan mayor estabilidad que el de Cañaveralito.
Qt	Terrazas aluviales compuestas por estratos de gravas y arenas parcialmente cementados, en matriz limosa.	Alta, observada en cortes subverticales.
Qc	Depósitos de vertiente derivados de rocas del Terciario.	La estabilidad puede ser marginal. En algunas áreas, por ejemplo en Normandía, han ocurrido varios deslizamientos por desequilibrios inducidos por cortes y terracedos para construcciones.
Qd	Depósitos torrenciales con estratos de gravas y arenas, sobrepuestos a la topografía original de rocas diabásicas, no cartografiados hasta ahora.	Alta, pocos reportes de inestabilidad, se observan cortes subverticales de hasta 5 metros, estables desde hace más de 20 años.
QvT	Depósitos de rocas sedimentarias (T), compuestos por fragmentos y nódulos de roca en una matriz de arcillas rojas y amarillentas.	Moderada a baja. Ocurrencia de deslizamientos puntuales, originados por mal manejo de aguas superficiales y por cortes sobreempinados en las laderas.
QvK	Producto de la meteorización y erosión de las diabasas, compuesto por fragmentos de roca en matriz limo arcillosa.	Potencialmente inestables por ser materiales blandos producto de la meteorización de las diabasas. Inestabilidad potencial incrementada por usos urbanísticos inadecuados.
Q/Kv	Saprolitos de diabasa (roca meteorizada transformada en suelos arcillosos de color rojizo).	Moderada a baja, dependiendo de los usos del suelo. Procesos erosivos acelerados por actividad humana: deforestación, pozos sépticos, disposición de aguas lluvias, cortes ("barrancos") sobreempinados, etc.
TQplp	Entre los ríos Meléndez y Lilí estos depósitos están meteorizados. Al Sur, hacia Ciudad Jardín y Pance, pueden corresponder a conos derivados de antiguas avenidas torrenciales de este río.	Poca estabilidad en la zona entre los ríos Lilí y Meléndez. Al Sur (Ciudad Jardín y Pance), más estables por menor meteorización y por pendientes más suaves.
T	Rocas sedimentarias, incluyen mantos de carbón.	Relativamente alta. Los estratos, en general, están inclinados contra la pendiente topográfica. Baja en sitios en donde se encuentran estratos inclinados o fracturados a favor de la pendiente topográfica.
Kv	Diabasa ("roca azul") fresca o parcialmente meteorizadas (transformada por acción del clima en suelos arcillosos).	Alta, en términos generales, para rocas no fracturadas y no transformadas en suelos, hasta 1 metro de profundidad.



Fuente: Alvarez y Tenjo (1971). Con adaptaciones según OSSO para Gases de Occidente (1996).

- | | | |
|---|---|---|
| Q7 : Sedimentos en curvas internas de meandros | Q1 : Antiguos humedales | QvK : Depósitos derivados de diabasas |
| Q6 : Depósitos aluviales en llanuras y márgenes de ríos | Conos aluviales de los ríos Menga, Cali, Cañaveralito, Meléndez, Lili y Pance | Q/Kv : Saprolito de diabasas |
| Q5 : Zonas desecadas y rellenos de cauces | Qt : Terrazas aluviales | TQplp : Formación Popayán |
| Q4 : Albardones (diques) naturales | Qc : Depósitos de vertiente | T : Rocas sedimentarias con intercalaciones de carbón |
| Q3 : Canales y depósitos de río | Qd : Depósitos torrenciales antiguos | Kv : Rocas diabásicas |
| Q2 : Depósitos de pantanos aluviales | QvT : Depósitos derivados de rocas del Terciario | |

Figura 9. Unidades geológicas superficiales

10. Vías principales

Cali acusa un atraso en su infraestructura vial de más de 20 años. Típico de las ciudades que empiezan a ser grandes, sin que se les pueda aplicar el calificativo de megaciudades, el volumen de vehículos aumenta aceleradamente cada año.

El Plan de Desarrollo del Municipio en su Estrategia de Infraestructura Vial, Tránsito y Transporte (DAPM, Todos Planificamos Cali, 1996) contempla recursos por cerca de 410.7 millones de dólares para las vigencias de 1996 y 1997. Los proyectos viales incluyen el mantenimiento y rehabilitación de todas las estructuras de puentes urbanos, el mantenimiento de toda la red vial, el aumento de la cobertura de programas de autopavimentación, la modernización de los sistemas de control de tráfico, la terminación de tramos faltantes y la construcción de vías rápidas como la Avenida Ciudad de Cali (al Oriente) y la Avenida de los Cerros (al Occidente) cuya porción Sur se ilustra en la Figura.

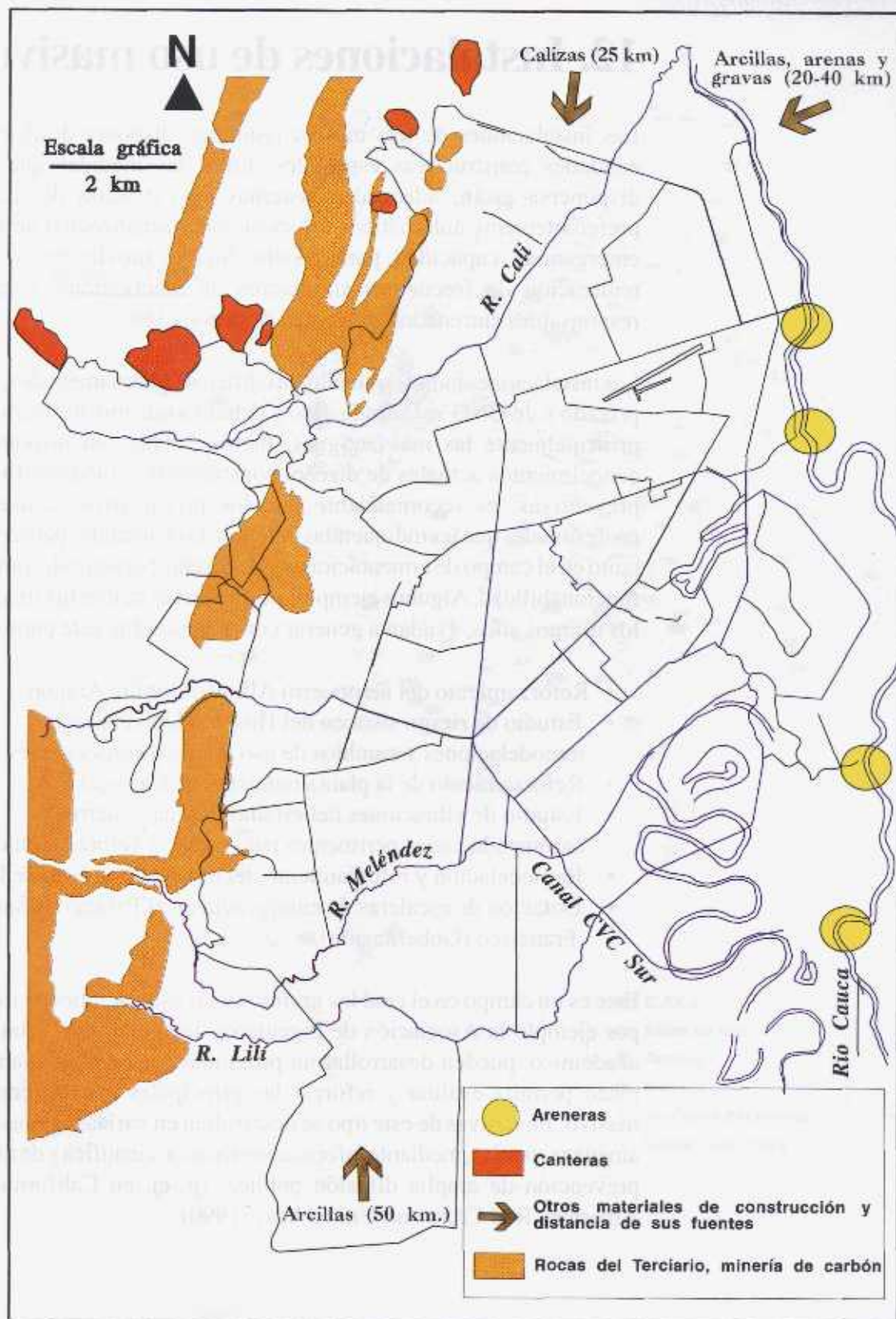
Estas actividades se complementan con el programa de transporte masivo cuyo diseño contempla un tren ligero de doble vía a lo largo del eje Norte - Sur de la ciudad, paralelo a la vía férrea existente, con una derivación al Distrito de Aguablanca y otra al Centro.

11. Materiales de construcción y áreas de minería

En cercanías del perímetro urbano de la ciudad se encuentran materias primas para la construcción: el río Cauca provee parcialmente las arenas (algunas de sus fuentes, localizadas aguas abajo de desagües sanitarios, se encuentran contaminadas con altos contenidos de materia orgánica); hacia el noroeste se localizan yacimientos de material pétreo para agregados sobre diabasas poco meteorizadas (ver Fig. 9). Las calizas, arcillas y gravas se encuentran a una distancia promedio de 35 km en diferentes zonas del valle y de las cordilleras.

Igual que para el caso del carbón, 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 posibles mitigando al máximo el impacto ambiental que producen, y por el otro, la ciudad debe proteger sus fuentes de materiales reglamentando también las prácticas de otros usos, incompatibles y cercanos a ellas.

Un aspecto conflictivo adicional debe también ser mencionado: Cali, al igual que Medellín y Bogotá sepultan cada día, en sus procesos de expansión urbana, parte de las mejores tierras agrícolas del país (Hermelín, 1983; Velásquez & Meyer, 1994).



Fuentes: Ingeominas (1994), Alvarez y Tenjo (1971), Velásquez y Meyer (1994)..

Figura 11. Materiales de construcción y áreas de minería