

Henri GODARD ; Jeanett VEGA  
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

## SOURCES ET LIMITES

La carte relative à la distribution des villes de plus de 10 000 habitants en 1990 ainsi que les graphiques traitant de l'évolution de la population équatorienne ont été élaborés à partir des données des cinq derniers recensements :

- Ministerio de Economía, Dirección General de Estadística y Censos, Resumen de los resultados definitivos de las diferentes características investigadas en el censo de población de 1950, Quito ;
- Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, División de Estadística y Censos, Segundo censo de población 1962, resultados definitivos, Quito ;
- Junta Nacional de Planificación, Oficina de los Censos Nacionales, Tercer censo de población 1974, resultados definitivos, Quito ;
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Cuarto censo de población 1982, resultados definitivos, Quito ;
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quinto censo de población 1990, resultados definitivos, resumen nacional, Quito.

Afin de préserver la lisibilité de la carte, il a été impossible de représenter, même schématiquement, le réseau primaire d'axes de circulation. Il est essentiel de souligner que les grandes voies interrégionales ont joué un rôle fondamental dans la structuration du réseau urbain et la hiérarchisation des centres à l'échelle nationale.

La carte présentant l'évolution de la tache urbaine de la capitale depuis 1760 a été réalisée à partir des plans et des couvertures aériennes suivants :

- Mission Géodésique Française, Plan de Quito, 1/6 100 (échelle approximative), 1760 ;
- Plano de Quito con los planos de todas sus casas por J. Gualberto PÉREZ, Quito, 1/3 000, 1888 (réduction du plan de J. Gualberto PÉREZ au 1/1 000 conservé à la Mairie de Quito) ;
- Plano de la ciudad de Quito para los trabajadores del censo, Quito, 1/8 000 (échelle approximative), 1921 ;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), Plano de la ciudad de Quito, Quito, IGM, 1/10 000, 1946 ;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), couverture aérienne, 1/10 000, mai 1956 ;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), couverture aérienne, 1/20 000, juillet 1971 ;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), couverture aérienne, 1/20 000, février 1983 ;
- SPOT, image satellite, canal panchromatique, 1/30 000, juin 1986.

Les plans de 1760, 1888 et 1921 ont été retenus en raison de leur lisibilité, de leur type de représentation (ont été écartées les figurations symboliques et en perspective qui caractérisent les plans antérieurs à 1760) et de leur fiabilité. Certains plans sur lesquels sont tracés les lotissements et le réseau de voies d'accès projetées n'ont pas été retenus puisqu'ils déforment la réalité de l'espace urbain ; c'est le cas du plan de 1922, publié à l'occasion de la commémoration de la bataille du Pichincha.

## PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Il s'agit, d'une part, de replacer le processus de croissance démographique de la capitale dans le contexte national de développement du réseau urbain depuis 1950, et d'autre part, d'analyser l'extension spatiale de Quito (carte principale), qui est intimement liée aux transformations politiques, économiques, sociales et technologiques qui ont bouleversé l'ensemble du territoire national depuis un siècle.

## ÉLABORATION

Les limites urbaines successives ont été reportées sur le plan élaboré au 1/10 000 par l'Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) pour les besoins du recensement de 1982.

La limite de l'aire urbanisée a été tracée en appliquant le critère suivant : tout édifice est inclus au sein de l'espace urbain s'il est situé à moins de 200 mètres d'un bâtiment déjà intégré au périmètre urbain (1760 et 1888). En effet, en 1760 et en 1888, la capitale couvre une superficie limitée ; l'ensemble des bâtiments publics et privés est donc dessiné sur le plan, ce qui nous a permis de délimiter l'espace urbain densément construit (tout îlot dont la superficie construite est supérieure à 50 % a été considéré comme densément occupé — ville « consolidée »).

En 1921 et en 1946, l'aire urbanisée a été définie en fonction du tracé des rues ; en effet, l'accroissement de la superficie occupée rendait impossible le dessin des bâtiments sur des plans dont les finalités n'étaient pas cadastrales.

À partir de 1956, les limites urbaines ont été tracées sur les photographies aériennes et sur l'image satellite et reportées sur le plan INEC ; la voirie a servi de référence pour définir les limites de l'aire urbanisée de la façon la plus précise possible. Le critère des 200 mètres a été respecté à l'exception du secteur du Comité del Pueblo où la limite a dû être arbitrairement interrompue en 1983 et 1987 afin que la surface occupée ne soit pas artificiellement surestimée.

En l'absence d'un plan actualisé de la capitale (c'est en 1991 que l'IGM en publie un nouveau au 1/17 500), nous avons dû reporter, avec les réajustements nécessaires, la limite urbaine tracée par F. Dureau et A. Michel sur l'image satellite SPOT enregistrée en 1986. Cette limite, dessinée sur le support cartographique de base de 1982 désactualisé au moment de la réalisation de cette étude (extension de certains quartiers, apparition de nouvelles zones urbaines, souvent « périphériques »...), a été actualisée et vérifiée sur le terrain à la fin de l'année 1987.

## FUENTES Y LÍMITES

El mapa relativo a la distribución de las ciudades de más de 10.000 habitantes en 1990 así como los gráficos que tratan de la evolución de la población ecuatoriana fueron elaborados en base a los datos de los cinco últimos censos:

- Ministerio de Economía, Dirección General de Estadística y Censos, *Resumen de los resultados definitivos de las diferentes características investigadas en el censo de población de 1950*, Quito;
- Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, División de Estadística y Censos, *Segundo censo de población 1962, resultados definitivos*, Quito;
- Junta Nacional de Planificación, Oficina de los Censos Nacionales, *Tercer censo de población 1974, resultados definitivos*, Quito;
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, *Cuarto censo de población 1982, resultados definitivos*, Quito;
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, *Quinto censo de población 1990, resultados definitivos*, resumen nacional, Quito.

La necesidad de conservar la legibilidad del mapa impidió representar, aun esquemáticamente, la red primaria de ejes de circulación. Es esencial subrayar que las grandes vías interregionales jugaron un papel fundamental en la estructuración de la red urbana y la jerarquización de los centros urbanos a nivel nacional.

El mapa que presenta la evolución de la mancha urbana de la capital desde 1760 fue elaborado en base a los siguientes planos y coberturas aéreas:

- Misión Geodésica Francesa, *Plano de Quito*, 1:6.100 (escala aproximada), 1760;
- *Plano de Quito con los planos de todas sus casas por J. Gualberto Pérez*, Quito, escala 1:3.000, 1888 (reducción del plano de J. Gualberto Pérez a escala 1:1.000 conservado en el Municipio de Quito);
- *Plano de la ciudad de Quito para los trabajadores del censo*, Quito, 1:8.000 (escala aproximada), 1921;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), *Plano de la ciudad de Quito*, Quito, IGM, escala 1:10.000, 1946;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, escala 1:10.000, mayo de 1956;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, escala 1:20.000, julio de 1971;
- Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, escala 1:20.000, febrero de 1983;
- SPOT, *imagen satélite*, canal pancromático, escala 1:30.000, junio de 1986.

Se escogieron los planos de 1760, 1888 y 1921 debido a su legibilidad, su tipo de representación (se descartaron las figuraciones simbólicas y en perspectiva que caracterizan a los planos anteriores a 1760) y su confiabilidad. Ciertos planos en los que se trazaron las lotizaciones y la red de vías de acceso proyectadas no fueron utilizados puesto que deforman la realidad del espacio urbano; es el caso del plano de 1922, publicado con ocasión del aniversario de la Batalla de Pichincha.

## PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

Se trata, por una parte, de reubicar el proceso de crecimiento demográfico de la capital en el contexto nacional de desarrollo de la red urbana desde 1950, y por otra, de analizar la extensión espacial de Quito (mapa principal) que está estrechamente vinculada a las transformaciones políticas, económicas, sociales y tecnológicas que se han operado en todo el territorio nacional desde hace un siglo.

## ELABORACIÓN

Los sucesivos límites urbanos fueron representados en el plano a escala 1:10.000 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para la realización del censo de 1982.

En 1760 y 1888, el límite del área urbanizada fue trazado aplicando el siguiente criterio: todo edificio forma parte del espacio urbano si está situado a menos de 200 metros de uno ya integrado al perímetro urbano (1760 y 1888). En efecto, en esos años, la capital cubría una superficie limitada; todos los edificios públicos y privados están dibujados en el plano, lo que permitió delimitar el espacio urbano densamente construido (toda manzana cuya superficie construida corresponde a más del 50 % fue considerada como densamente ocupada — ciudad « consolidada »).

Para 1921 y en 1946, el área urbanizada fue definida en función del trazado de las calles; en efecto, el incremento de la superficie ocupada hacía imposible dibujar edificios en planos cuyas finalidades no eran catastrales.

A partir de 1956, los límites fueron trazados en las fotografías aéreas y en la imagen satélite y trasladados al plano INEC; la red vial sirvió de referencia para definir los límites del área urbanizada lo más exactamente posible. Se respetó el criterio de los 200 metros, salvo en el sector del Comité del Pueblo en donde el límite debió ser interrumpido arbitrariamente en 1983 y 1987 a fin de no sobreestimar artificialmente la superficie.

A falta de un plano actualizado de la capital (es en 1991 que el IGM publica un nuevo plano a escala 1:17.500), tuvimos que trasladar, con los ajustes necesarios, el límite urbano trazado por F. Dureau y A. Michel en la imagen satélite SPOT grabada en 1986. Este límite, dibujado en el soporte cartográfico de base de 1982, desactualizado al momento de la realización de este estudio (extensión de ciertos barrios, aparición de nuevas zonas urbanas, a menudo « periféricas »...), fue actualizado y verificado en el terreno a fines de 1987.

## COMMENTAIRE

Si l'Équateur reste un pays profondément rural, le taux d'urbanisation a crû rapidement depuis le milieu du *xx<sup>e</sup>* siècle. Au milieu du *xviii<sup>e</sup>* siècle, la population urbaine rassemblait 16 à 18 % de la population totale. En 1950, les citadins ne représentaient encore que 28,5 % des Équatoriens ; ce taux s'élève à 36,0 % en 1962, 41,4 % en 1974, 49,7 % en 1982 et 55,4 % en 1990, soit un taux de croissance annuel de 4,5 % entre 1950 et 1990 et de 3,7 % entre les deux derniers recensements (la figure 1 présente l'évolution du taux d'urbanisation par grande région géographique).

## 1. Cycles économiques et croissance urbaine

1.1. L'ère coloniale : Quito domine un espace urbain limité à la Sierra (*xvi<sup>e</sup>* siècle-1860)

Les Espagnols, qui ont conquis un espace déjà urbanisé, ont souvent superposé leurs fondations aux centres urbains déjà existants. Le maillage développé dans l'aire andine leur permet de prendre possession des terres et de soumettre les Indiens par le quadrillage de l'espace conquis.

Dans le cadre de l'économie de cycles, Quito, qui devient la capitale de l'Audience en 1563 et organise l'espace à son profit, a toujours centralisé les pouvoirs politique, administratif et religieux hérités des Shyris, puis de l'Inca.

Dès le début du *xviii<sup>e</sup>* siècle, le système urbain de la Sierra est mis en place ; il faut attendre le *xix<sup>e</sup>* siècle pour que l'armature de la Costa se développe. En effet, pendant la période coloniale, l'espace intensivement occupé et exploité de l'Audience se limite aux hautes terres des Andes et à Guayaquil, qui n'est encore que le débouché portuaire indispensable de la Sierra. Quito tente d'ailleurs, sans succès en raison de l'opposition du « bloc » Lima-Guayaquil-Lima, de s'affranchir de Guayaquil en projetant à plusieurs reprises le transfert du « port de la capitale » dans les actuelles provinces d'Esmeraldas et du Manabí.

Si dès le début du *xviii<sup>e</sup>* siècle, l'élite guayaquiléenne, étroitement liée à la production et au commerce du cacao et aux activités d'import-export, s'oppose aux modes de productions de la Sierra, il faut attendre le milieu du *xviii<sup>e</sup>* siècle et l'Indépendance pour que s'ouvre le port au commerce international et que la Costa émerge au sein de l'espace national.

1.2. L'économie agro-exportatrice et l'affirmation de Guayaquil (1860-1960)

Du milieu du *xviii<sup>e</sup>* siècle au milieu du *xix<sup>e</sup>*, la Sierra et Quito souffrent d'une crise économique et démographique et des guerres de l'Indépendance. Le *xix<sup>e</sup>* siècle est une période capitale en raison des mutations qui touchent l'ensemble de l'espace équatorien : redistribution de la population, intégration de la Costa au marché mondial, changements technologiques et croissance urbaine. L'économie de cycles (substitution d'une rente à une autre, basée soit sur l'agriculture, soit sur l'exploitation minière, rente maîtrisée dans le jeu économique et social par des régions, des villes et des groupes sociaux différents ; on constate l'alternance des périodes de prospérité relative et de crise et des régions touchées par les récessions économiques) permet la consolidation et la restructuration de l'espace national et favorise le développement du port de Guayaquil et de la Costa.

Les cultures d'exportation, d'abord du cacao (1880-1925), puis de la banane (1945/1950 - 1960/1965), transforment le port en un centre important et relativement autonome au sein de l'économie nationale. Les basses terres tropicales sont mises en valeur grâce à l'amplification des migrations provenant de la Sierra. Alors que les hautes terres jouent un rôle répulsif (crise aiguë, système traditionnel de l'hacienda...), la Costa est attractive (système salarial de la plantation). Rapidement, Guayaquil dépasse démographiquement, économiquement et politiquement la capitale.

L'accroissement de la demande mondiale du cacao permet la mise en place d'un modèle agro-exportateur dépendant et la naissance d'un système urbain incomplet sur la Costa (urbanisation accélérée de cette région géographique, renforcement de la diagonale Quito-Guayaquil et métropolisation côtière).

À partir des années 1925/1930, Quito rattrape peu à peu Guayaquil touchée par la crise cacaoyère. La modernisation agricole, les investissements industriels et bancaires dans la Sierra et la Révolution Julienne (1925) mettent fin à l'hégémonie politique de l'élite guayaquiléenne et renforcent la puissance quitéenne. La crise cacaoyère amplifie les migrations Costa/Guayaquil et donne naissance aux quartiers populaires occupés par les anciens salariés des plantations en crise. Si quelques productions agricoles bénéficient d'un regain d'intérêt périodique, il faut attendre 1950 pour qu'un nouveau cycle économique soit favorable à la Costa.

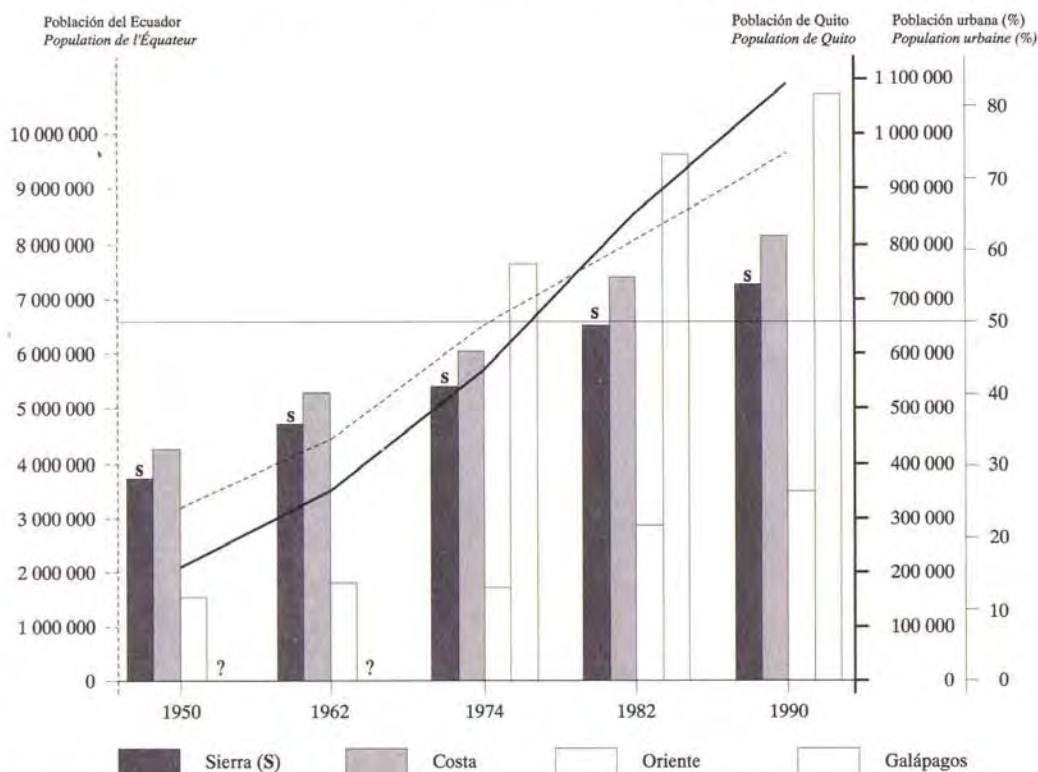
La prospérité de la période bananière entraîne, non seulement la croissance de Guayaquil et de Quito, mais encore, la naissance et la réactivation des centres urbains intermédiaires de la Costa (développement d'une armature urbaine relativement cohérente liée à l'amélioration du réseau routier indispensable au transport de la production bananière) et de la Sierra (fonctions économiques traditionnellement fortes). Si les migrations étaient jusqu'à la crise cacaoyère essentiellement interrégionales (Costa/Sierra), elles deviennent ensuite intrarégionales (Costa/Guayaquil et centres intermédiaires).

Lorsque survient la crise de la culture de la banane — qui marque la fin des cycles économiques favorables à la Costa — les migrations vers Guayaquil s'intensifient. Le secteur

## COMENTARIO

Si bien el Ecuador sigue siendo un país profundamente rural, la tasa de urbanización ha crecido rápidamente desde inicios del siglo XX. A mediados del siglo XVIII, la población urbana representaba del 16 al 18 % de la población total. En 1950, tal proporción era aún sólo del 28,5 %; en 1962, se eleva al 36,0 %, en 1974 al 41,4 %, en 1982 al 49,7 % y en 1990 al 55,4 %, lo que significa una tasa de crecimiento anual del 4,5 % entre 1950 y 1990 y del 3,7 % entre los dos últimos censos (la figura 1 presenta la evolución de la tasa de urbanización por gran región geográfica).

Figura 1 Evolución de la población del Ecuador y de Quito y de la población urbana (1950-1990)  
Figure 1 Évolution de la population de l'Équateur et de Quito et de la population urbaine (1950-1990)



## 1. Ciclos económicos y crecimiento urbano

1.1. La era colonial: Quito domina un espacio urbano limitado a la Sierra (siglo XVI-1860)

Los españoles, que conquistaron un espacio ya urbanizado, superpusieron a menudo sus fundaciones a centros poblados ya existentes. La malla desarrollada en el área andina les permitió tomar posesión de las tierras y someter a los indios mediante una estrecha división del espacio conquistado.

En el marco de la economía de ciclos, Quito, que se transforma en la capital de la Real Audiencia en 1563 y organiza el espacio en su favor, siempre centralizó los poderes político, administrativo y religioso heredados de los Shyris y luego del Inca.

Desde inicios del siglo XVIII, se implanta el sistema urbano de la Sierra; hay que esperar el siglo XIX para que se desarrolle la armazón de la Costa. En efecto, durante el período colonial, el espacio intensivamente ocupado y explotado de la Real Audiencia se limita a las tierras altas de los Andes y a Guayaquil que no es aún sino la salida portuaria indispen-

sable de la Sierra. Quito intenta entonces en reiteradas ocasiones, sin éxito debido a la oposición del « bloque » Lima-Guayaquil-Lima, independizarse de Guayaquil proyectando la transferencia del « puerto de la capital » a las actuales provincias de Esmeraldas y Manabí.

Aunque desde inicios del siglo XVIII, la élite guayaquiléna, estrechamente vinculada a la producción y al comercio del cacao y a las actividades de importación-exportación, se opone a los modos de producción de la Sierra, es apenas a mediados de ese siglo y con la Independencia que el puerto se abre al comercio internacional y la Costa emerge en el seno del espacio nacional.

1.2. La economía agro-exportadora y la afirmación de Guayaquil (1860-1960)

De mediados del siglo XVIII a mediados del XIX, la Sierra y Quito enfrentan una crisis económica y demográfica y las guerras de Independencia. El siglo XIX es un período capital en razón de las mutaciones que se operan en todo el espacio ecuatoriano: redistribución de la población, integración de la Costa al mercado mundial, cambios tecnológicos y crecimiento urbano. La economía de ciclos (sustitución de una renta por otra, basada ya sea en la agricultura o en la explotación minera, manejada en el juego económico y social por regiones, grupos sociales y ciudades diferentes; se constata la alternancia de los períodos de prosperidad relativa y de crisis, así como de las regiones afectadas por las recesiones económicas) permite la consolidación y la reestructuración del espacio nacional y favorece el desarrollo del puerto de Guayaquil y de la Costa.

Los cultivos de exportación, inicialmente el cacao (1880-1925) y luego el banano (1945/1950 - 1960/1965), transforman al puerto de Guayaquil en un centro importante y relativamente autónomo al interior de la economía nacional. Las bajas tierras tropicales son valoradas gracias al incremento de las migraciones provenientes de la Sierra. Mientras que las tierras altas juegan un papel repulsivo (aguda crisis, sistema tradicional de la hacienda...), la Costa es atractiva (sistema salarial de las plantaciones). Rápidamente, Guayaquil supera demográfica, económica y políticamente a la capital.

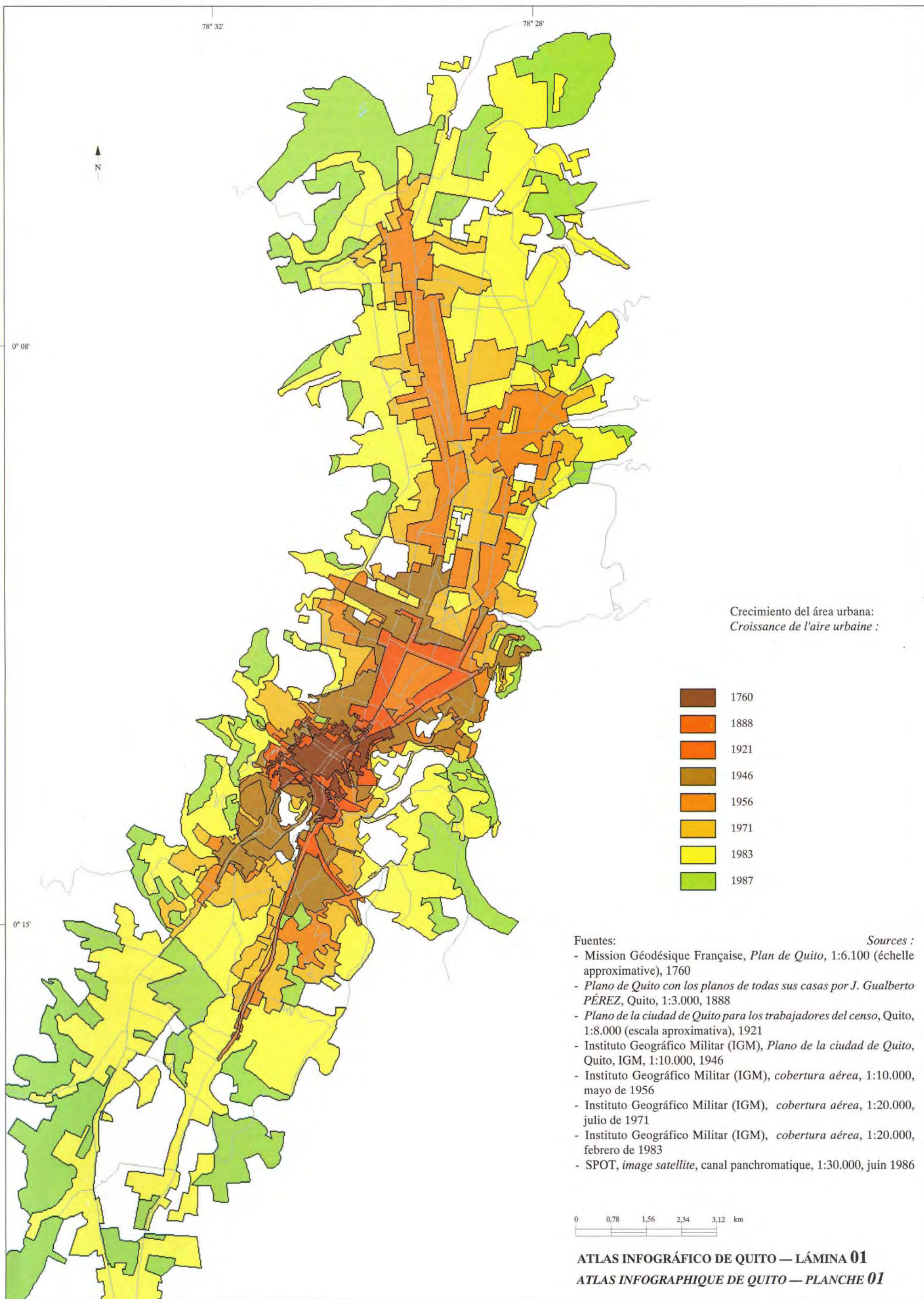
El incremento de la demanda mundial de cacao permite la implantación de un modelo agro-exportador dependiente y el surgimiento de un sistema urbano incompleto en la Costa (urbanización acelerada de esta región geográfica, refuerzo de la diagonal Quito-Guayaquil y metropolización costera).

A partir de los años 1925/1930, Quito alcanza poco a poco a Guayaquil que se ve afectada por la crisis cacaotera. La modernización agrícola, las inversiones industriales y bancarias en la Sierra y la Revolución Juliana (1925) ponen fin a la hegemonía política de la élite guayaquiléna y refuerzan el poder quiteño. La crisis cacaotera amplifica las migraciones Costa/Guayaquil y da nacimiento a los barrios populares ocupados por los antiguos asalariados de las plantaciones en crisis. Si bien algunos cultivos agrícolas producen mayores ganancias por períodos, se debe esperar 1950 para que un nuevo ciclo económico sea favorable a la Costa.

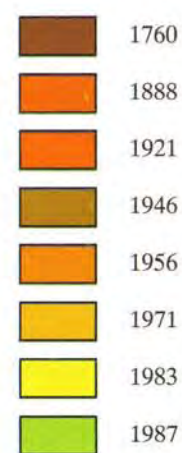
La prosperidad del período bananero acarrea no sólo el crecimiento de Guayaquil y de Quito, sino además el surgimiento y la reactivación de los centros urbanos intermedios de la Costa (desarrollo de una armazón urbana relativamente coherente vinculada al mejoramiento de la red de carreteras indispensable al transporte de la producción bananera) y de la Sierra (funciones económicas tradicionalmente fuertes). Aunque las migraciones eran, hasta la crisis cacaotera, esencialmente interrégionales (Costa/Sierra), se tornan luego intra-regionales (Costa/Guayaquil y centros urbanos intermedios).

Cuando sobreviene la crisis del cultivo de banano — que marca el final de los ciclos económicos favorables a la Costa — las migraciones hacia Guayaquil se intensifican. Al ser el sector

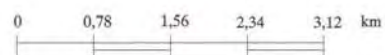
LA EVOLUCIÓN DE LA MANCHA URBANA (1760 - 1987)  
L'ÉVOLUTION DE LA TACHE URBAINE (1760 - 1987)



Crecimiento del área urbana:  
Croissance de l'aire urbaine :



- Fuentes: Sources :
- Mission Géodésique Française, *Plan de Quito*, 1:6.100 (échelle approximative), 1760
  - *Plano de Quito con los planos de todas sus casas* por J. Gualberto PÉREZ, Quito, 1:3.000, 1888
  - *Plano de la ciudad de Quito para los trabajadores del censo*, Quito, 1:8.000 (escala aproximativa), 1921
  - Instituto Geográfico Militar (IGM), *Plano de la ciudad de Quito*, Quito, IGM, 1:10.000, 1946
  - Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, 1:10.000, mayo de 1956
  - Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, 1:20.000, julio de 1971
  - Instituto Geográfico Militar (IGM), *cobertura aérea*, 1:20.000, febrero de 1983
  - SPOT, *image satellite*, canal panchromatique, 1:30.000, juin 1986



« moderne » étant incapable d'absorber ce surplus de main d'œuvre non qualifiée, le secteur « informel » se développe et les quartiers populaires se densifient. Le dynamisme quiteño, particulièrement net depuis les années cinquante, s'amplifie à partir du cycle pétrolier.

1.3. Le boom pétrolier, l'accroissement du rôle de l'État et de Quito (à partir de 1972)

À la différence des cycles précédents, entre les mains du secteur privé, la mise en exploitation des gisements pétroliers est passée rapidement sous le contrôle de l'État, donc indirectement de Quito qui a toujours exercé une domination de fait sur la région amazonienne. La rente pétrolière permet la modernisation accélérée de l'économie et de l'appareil d'État, déjà amorcée dans les années soixante, sous l'impulsion des États-Unis qui prônent un nouveau modèle de développement. Cette période se caractérise par l'intensification du processus d'urbanisation orienté par l'État qui redistribue la rente pétrolière en fonction des secteurs d'activité et des centres urbains qu'il considère prioritaires. Quito capte la plupart des excédents issus de l'exploitation pétrolière et la politique de développement différencié entraîne un accroissement des déséquilibres régionaux. Certains centres urbains s'appuyant sur un hinterland dynamique croissent spectaculairement (Santo Domingo de los Colorados par exemple).

2. La distribution urbaine en 1990 : quatre milieux géographiques, quatre types d'urbanisation différents

Bien que l'armature urbaine équatorienne soit relativement cohérente — à l'exception de deux régions (l'Amazonie et le nord-ouest du pays), aucune zone habitée ne se trouve à plus de 40 km d'une ville, signe d'une répartition homogène des centres urbains — par rapport à la plupart des pays latino-américains, le binôme Guayaquil/Quito « écrase » les autres centres urbains (poids de la diagonale urbaine « utile » et de la macrocéphalie régionale). En effet, alors que le rapport démographique entre les deux métropoles du pays n'atteint pas 1,3, ce rapport s'élève à 7,7 entre Guayaquil et Cuenca (1<sup>re</sup> et 3<sup>e</sup> villes du pays), signe d'un degré important de métropolisation.

En 1990, 61 % des centres urbains de plus de 10 000 habitants sont localisés dans les provinces côtières, 36 % dans la Sierra et 3 % dans la région amazonienne (figure 2).

- Le couloir interandin, zone traditionnellement urbanisée, abrite l'ensemble des centres urbains de la Sierra, qui rassemble 4 401 418 habitants, soit 45,6 % de la population totale.
- Les villes de la Costa, relativement jeunes, sont beaucoup plus dispersées ; toutefois, on peut isoler deux provinces qui se caractérisent par la concentration particulièrement forte des centres urbains : celles du Guayas et de Los Ríos. Dans le premier cas, l'aire d'influence de Guayaquil explique cette concentration ; dans le second cas, l'économie agro-exportatrice et la naissance ou la dynamisation des centres urbains intermédiaires à vocation régionale peuvent partiellement expliquer ce phénomène. La Costa regroupe 4 793 832 habitants (49,7 % de la population équatorienne).
- Malgré la mise en exploitation des gisements pétroliers et l'accroissement de la population urbaine, qui passe de 13,9 % en 1962 à 26,7 % en 1990, la région amazonienne n'accueille que deux villes de plus de 10 000 habitants : un centre administratif (Puyo) et un centre né du boom pétrolier (Lago Ágrío). D'une part, la population amazonienne, peu nombreuse (372 433 habitants, soit 3,9 % de la population équatorienne) est essentiellement tournée vers les activités agricoles ; d'autre part, l'exploitation pétrolière des années soixante-dix n'a pas donné lieu à des concentrations urbaines importantes.
- Si la population de la région insulaire est fortement urbanisée (81,9 % en 1990), aucun centre ne peut atteindre 10 000 habitants. En effet, les ressources agricoles sont limitées en raison des spécificités des milieux naturels et des contraintes liées à la protection du site (parc naturel des îles Galapagos) ; de plus, la population totale de cette région ne rassemble que 9 785 habitants (0,1 % du total national) et le centre urbain le plus important, Puerto Ayora, regroupe 4 294 habitants.
- Enfin, les zones non délimitées rassemblent 70 621 ruraux (0,7 % de la population équatorienne), dans un milieu hostile dépourvu d'infrastructure et éloigné de la « civilisation ».

3. L'accélération de la croissance spatiale de Quito et ses conséquences ségrégatives

La figure 3 et la carte principale permettent d'analyser l'évolution de la tache urbaine ainsi que la croissance démographique et spatiale de la capitale équatorienne.

- Jusqu'en 1888, la population et la superficie occupée de la capitale croissent lentement (respectivement 0,36 % et 0,13 % entre 1760 et 1888). Cette croissance mesurée est due non seulement à la tradition agricole du pays mais encore aux diverses crises que traversent la Sierra et Quito (réorganisation de l'économie coloniale, concurrence des produits textiles anglais, guerres de l'Indépendance). L'espace urbain occupé se limite à l'actuel Centre Historique qui concentre pouvoirs et richesse.

Figure 3 Évolution de la population et de l'aire urbanisée de Quito (1760-1987)

	1760	1888	1921	1946	1956	1971	1983	1987
<b>Aire urbanisée (ha)</b>	252	315	815	1 815	3 337	5 203	11 303	13 864
Taux de croissance annuelle (%)	---	0,2	2,9	3,3	6,3	3,0	6,7	5,2
Aire densément construite (ha)	101	119	---	---	---	---	---	---
<b>Superficie de la zone sud (ha)</b>	74	99	348	591	1 017	1 550	4 737	---
Taux de croissance annuelle (%)	---	0,2	3,9	2,1	5,6	2,8	9,8	---
<b>Superficie de la zone centrale (ha)</b>	178	216	297	523	589	687	842	---
Taux de croissance annuelle (%)	---	0,2	1,0	2,3	1,2	1,0	1,7	---
<b>Superficie de la zone nord (ha)</b>	---	---	170	701	1 771	2 966	5 724	---
Taux de croissance annuelle (%)	---	---	---	5,8	9,7	3,5	5,6	---
<b>Population</b>	25 000	39 600	80 700	209 932	355 200	599 828	866 472	1 057 488
Année	(1780)	(1886)	(1921)	(1950)	(1962)	(1974)	(1982)	(1987)(1)
Taux de croissance annuelle	---	0,4	2,1	3,4	4,5	4,5	4,7	5,1

(\*) La population de la capitale en 1987 regroupe 1 120 991 habitants (taux de croissance annuelle entre 1982 et 1987 de 6,7 %) si l'on inclut la périphérie (Dureau, F., 1989, p. 34)  
Le recensement de 1990 fait état de 1 100 847 habitants (taux de croissance annuelle entre 1982 et 1990 de 3,0 %) En raison du changement de la division spatiale de la capitale, les superficies par zone n'ont pas été calculées en 1987

Sources :

- El espacio urbano en el Ecuador, IGM/IPGH/ORSTOM, Quito, 1987, p. 138 (compilation de diverses sources)
- Dureau, F., Quito. Estadísticas de población y vivienda 1987, AIQ, Quito, 1989, p. 34
- INEC, Censo de población, Quito, 1950, 1962, 1974, 1982, 1990

« moderno » incapaz de absorber el excedente de mano de obra no calificada, se desarrolla el sector « informal » y se densifican los barrios populares. El dinamismo quiteño, particularmente claro a partir de los años cincuenta, se amplifica desde el ciclo petrolero.

1.3. El boom petrolero, el incremento del papel del Estado y de Quito (a partir de 1972)

A diferencia de los ciclos anteriores manejados por el sector privado, la explotación de los yacimientos petroleros pasó rápidamente a ser controlada por el Estado, y por lo tanto indirectamente por Quito que siempre ejerció un dominio de hecho sobre la región amazónica. La renta petrolera permite la acelerada modernización de la economía y del aparato estatal, ya iniciada en los años sesentas con el impulso de los Estados Unidos que preconizan un nuevo modelo de desarrollo. Este período se caracteriza por la intensificación del proceso de urbanización orientado por el Estado que redistribuye la renta petrolera en función de los sectores de actividad y los centros urbanos que considera prioritarios. Quito capta la mayoría de los excedentes derivados de la explotación petrolera y la política de desarrollo diferenciado acarrea un incremento de los desequilibrios regionales. Ciertos centros urbanos que se apoyan en un hinterland dinámico crecen espectacularmente (Santo Domingo de los Colorados por ejemplo).

2. La distribución urbana en 1990: cuatro medios geográficos, cuatro tipos de urbanización diferentes

Aunque la armazón urbana ecuatoriana es relativamente coherente — a excepción de dos regiones (la Amazonía y el Noroeste del país), ninguna zona habitada se encuentra a más de 40 kilómetros de una ciudad, signo de una repartición homogénea de los centros urbanos — con relación a la mayoría de los países latinoamericanos, el « binomio » Guayaquil/Quito « aplasta » a los demás centros urbanos (peso de la diagonal urbana « útil » y de la macrocefalia regional). En efecto, mientras la relación demográfica entre las dos metrópolis del país no alcanza 1,3, tal relación se eleva a 7,7 entre Guayaquil y Cuenca (1<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> ciudades del país), signo de un importante grado de metropolización.

En 1990, el 61 % de los centros urbanos de más de 10.000 habitantes están localizados en las provincias costeras, el 36 % en la Sierra y el 3 % en la región amazónica (figura 2).

- En el callejón interandino, zona tradicionalmente urbanizada, se sitúan todos los centros urbanos de la Sierra, que reúnen 4.401.418 habitantes, es decir 45,6 % de la población total.
- Las ciudades de la Costa, relativamente jóvenes, están mucho más dispersas; sin embargo, se pueden distinguir dos provincias que se caracterizan por una concentración particularmente fuerte de centros urbanos: Guayas y Los Ríos. En el primer caso, el área de influencia de Guayaquil explica tal concentración; en el segundo, el fenómeno puede estar ligado en parte a la economía agro-exportadora y al surgimiento o la dinamización de los centros urbanos intermedios de vocación regional. La Costa tiene 4.793.832 habitantes (49,7 % de la población ecuatoriana).
- A pesar del inicio de la explotación de los yacimientos petroleros y el incremento de su población urbana que pasa del 13,9 % en 1962 al 26,7 % en 1990, en la región amazónica no existen sino dos ciudades de más de 10.000 habitantes: un centro administrativo (Puyo) y un centro nacido del boom petrolero (Lago Ágrío). Por una parte, la población amazónica, poco numerosa (372.433 habitantes, es decir el 3,9 % de la población ecuatoriana) está fundamentalmente orientada hacia las actividades agrícolas, y por otra, la explotación petrolera de los años setentas no dio lugar a concentraciones urbanas importantes.
- Si bien la población de la región insular está muy urbanizada (81,9 % en 1990), ningún centro urbano puede alcanzar 10.000 habitantes. En efecto, los recursos agrícolas son limitados en razón de las especificidades de los medios naturales y de las limitaciones ligadas a la protección del sitio (parque natural de las islas Galápagos); además, la población total de esta región es apenas de 9.785 habitantes (0,1 % del total nacional), de los cuales 4.294 residen en el centro urbano más importante, Puerto Ayora.
- Finalmente, las zonas no delimitadas reúnen 70.621 habitantes rurales (0,7 % de la población ecuatoriana) en un medio hostil desprovisto de infraestructuras y alejado de la « civilización ».

3. La aceleración del crecimiento espacial de Quito y sus consecuencias segregativas

La figura 3 y el mapa principal permiten analizar la evolución de la mancha urbana así como el crecimiento demográfico y espacial de la capital ecuatoriana.

- Hasta 1888, la población y la superficie ocupada de la capital crecen lentamente (0,36 % y 0,13 % respectivamente entre 1760 y 1888). Este crecimiento medido se debe no sólo a la tradición agrícola del país sino también a las diversas crisis que afectan a la Sierra y a Quito (reorganización de la economía colonial, competencia de los productos textiles ingleses, guerras de Independencia). El espacio urbano ocupado se limita al actual Centro Histórico que concentra poder y riqueza.

Figura 3 Evolución de la población y del área urbanizada de Quito (1760-1987)

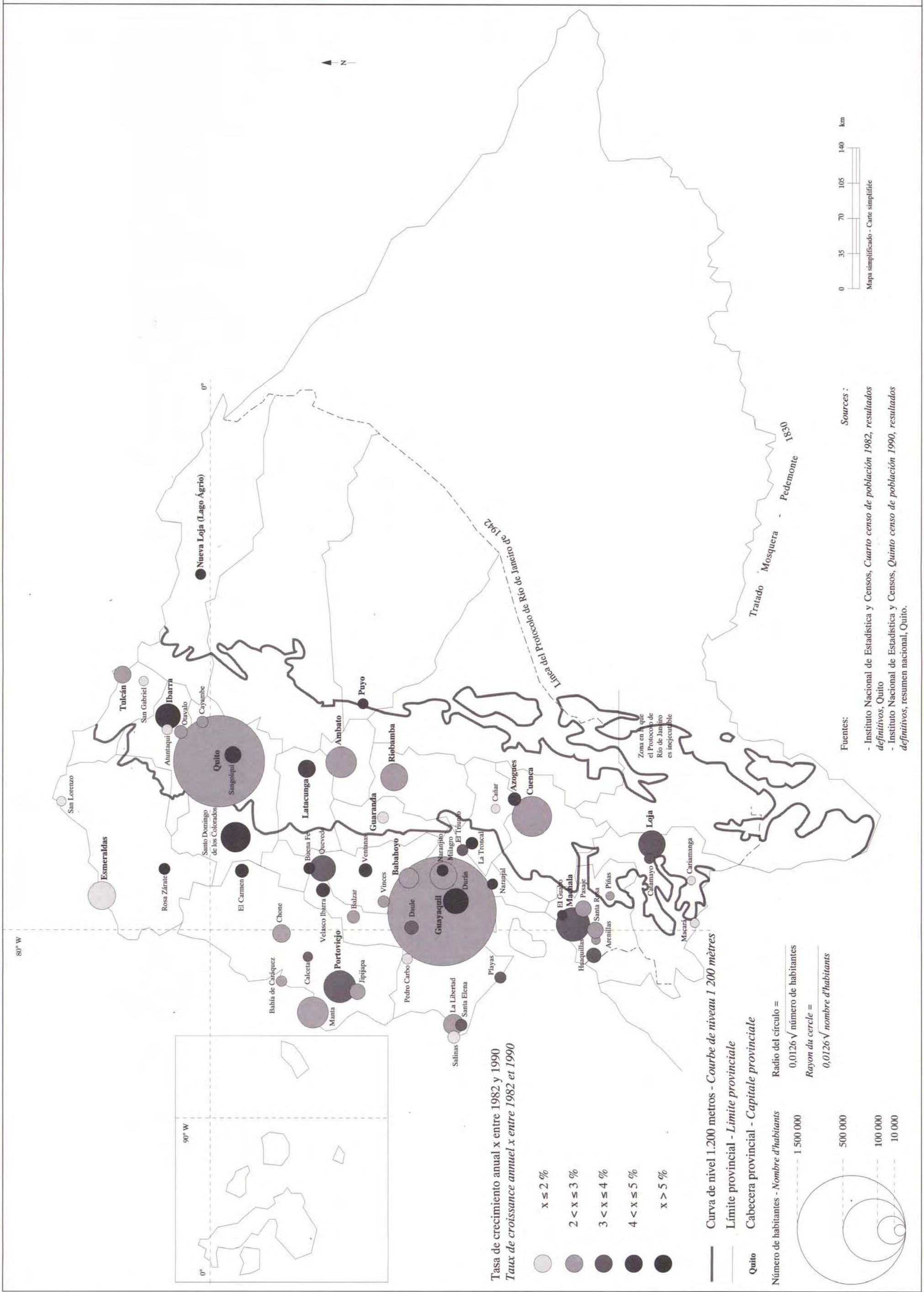
	1760	1888	1921	1946	1956	1971	1983	1987
<b>Área urbana (ha)</b>	252	315	815	1 815	3 337	5 203	11 303	13 864
Tasa de crecimiento anual (%)	---	0,2	2,9	3,3	6,3	3,0	6,7	5,2
Área densamente construida (ha)	101	119	---	---	---	---	---	---
<b>Superficie de la zona sur (ha)</b>	74	99	348	591	1 017	1 550	4 737	---
Tasa de crecimiento anual (%)	---	0,2	3,9	2,1	5,6	2,8	9,8	---
<b>Superficie de la zona central (ha)</b>	178	216	297	523	589	687	842	---
Tasa de crecimiento anual (%)	---	0,2	1,0	2,3	1,2	1,0	1,7	---
<b>Superficie de la zona norte (ha)</b>	---	---	170	701	1 771	2 966	5 724	---
Tasa de crecimiento anual (%)	---	---	---	5,8	9,7	3,5	5,6	---
<b>Población</b>	25.000	39.600	80.700	209.932	355.200	599.828	866.472	1.057.488
Año	(1780)	(1886)	(1921)	(1950)	(1962)	(1974)	(1982)	(1987)(1)
Tasa de crecimiento anual	---	0,4	2,1	3,4	4,5	4,5	4,7	5,1

(\*) La población de la capital en 1987 es de 1.120.991 habitantes (tasa de crecimiento anual entre 1982 y 1987: 6,7 %) si se incluye la periferia (Dureau, F., 1989, p. 34)  
El censo de 1990 registra 1.100.847 habitantes (tasa de crecimiento anual entre 1982 y 1990: 3,0 %) Debido al cambio en la división espacial de la capital, no se calcularon las superficies por zona en 1987

Fuentes:

- El espacio urbano en el Ecuador, IPGH/ORSTOM/IGM, Quito, 1987, p. 138 (recopilación de varias fuentes)
- Dureau, F., Quito. Estadísticas de población y vivienda 1987, AIQ, Quito, 1989, p. 34
- INEC, Censo de población, Quito, 1950, 1962, 1974, 1982, 1990

**Figura 2 Repartición de los centros urbanos de más de 10.000 habitantes en 1990**  
**Figure 2 Répartition des centres urbains de plus de 10 000 habitants en 1990**



Tasa de crecimiento anual x entre 1982 y 1990  
 Taux de croissance annuel x entre 1982 et 1990

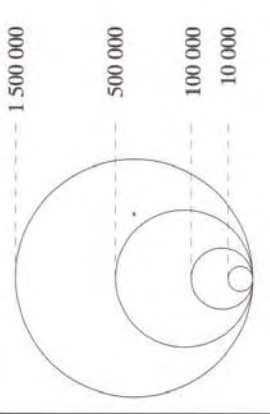
- x ≤ 2 %
- 2 < x ≤ 3 %
- 3 < x ≤ 4 %
- 4 < x ≤ 5 %
- x > 5 %

— Curva de nivel 1.200 metros - Courbe de niveau 1 200 mètres

— Límite provincial - Limite provinciale

Quito Cabecera provincial - Capitale provinciale

Número de habitantes - Nombre d'habitants  
 Radio del círculo =  $0,0126 \sqrt{\text{número de habitantes}}$   
 Rayon du cercle =  $0,0126 \sqrt{\text{nombre d'habitants}}$



Fuentes:  
 - Instituto Nacional de Estadística y Censos, Cuarto censo de población 1982, resultados definitivos, Quito  
 - Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quinto censo de población 1990, resultados definitivos, resumen nacional, Quito.

- De 1888 à 1946, de profondes mutations démographiques et spatiales affectent la capitale. L'inauguration de la ligne ferroviaire reliant Durán (actuelle banlieue populaire de Guayaquil) à Quito en 1908, œuvre d'intégration nationale coûteuse, va jouer un rôle non négligeable dans les transformations de la capitale. L'acheminement aisé des pondéreux (matériaux de construction et biens d'équipement importés) et l'approche du centenaire de la bataille de Pichincha (1922) permettent l'amélioration des infrastructures et l'embellissement de la capitale.

Toutefois, le phénomène urbain le plus marquant de cette période est le passage d'un type de croissance nucléaire centré sur la plaza grande à une extension longitudinale : la construction de la gare ferroviaire au sud du Centre Historique favorise l'industrialisation et le développement de quartiers populaires dans ce secteur. Entre 1888 et 1946, le taux de croissance annuel de la population atteint 3,26 % et le taux d'accroissement spatial annuel s'élève (2,98 % entre 1888 et 1921 ; 3,25 % entre 1921 et 1946 — il y a donc une densification permanente quoique lente de l'espace construit). Si le « poids » de la zone centrale diminue en valeur relative (70,6 % de la superficie totale en 1760 ; 28,8 % en 1946), celui de la zone sud croît lentement jusqu'en 1921 (taux de croissance annuel de 3,1 % entre 1888 et 1946), puis diminue en valeur relative entre 1921 et 1946 au profit de la zone nord qui occupe 38,6 % de la superficie totale en 1946. En effet, les catégories aisées commencent à s'installer définitivement au nord de la ville après avoir délaissé leurs résidences du Centre Historique qui commencent à se dégrader.

- À partir de 1946, la capitale entre dans une phase de croissance accélérée et de profondes mutations socio-économiques et spatiales. La population s'accroît rapidement (le taux de croissance annuel dépasse 4 % entre 1946 et 1987 ; il est surprenant qu'il diminue à 3 % entre les deux derniers recensements [il serait nécessaire d'étudier la précision des données du recensement de 1990 afin de définir le taux exact d'accroissement]).

Jusqu'en 1970, les mutations urbaines se caractérisent par le déplacement fonctionnel du Centre Historique vers le quartier Mariscal Sucre — ce qui explique l'accroissement spatial rapide du secteur nord de la capitale — et par la consolidation de la ségrégation résidentielle : quartiers aisés au nord, quartiers populaires, industriels et programmes massifs d'habitat au sud. La zone centrale, densément occupée, maintient un rythme de croissance particulièrement bas (1,1 % entre 1946 et 1971 — seuil de saturation probable), alors que celui de la zone sud atteint 3,5 % (ralentissement relatif de la croissance spatiale en raison, partiellement du moins, du développement de certaines industries et dépôts au nord de la ville) et que celui de la zone nord s'élève à 5,9 %.

À partir de 1970, les tendances soulignées précédemment s'accroissent : forte croissance démographique, tant en raison du croît naturel que des apports migratoires ; revalorisation progressive du centre et accentuation des processus de transfert fonctionnel (cf. planche n° 41) ce qui a pour effet de chasser les plus démunis vers d'autres secteurs urbains ; extension de la zone taudifiée vers les quartiers populaires localisés autour du centre ; intensification des processus ségrégatifs ; croissance des quartiers populaires en périphérie ; développement spatial de la zone nord (5,6 % par an entre 1971 et 1983, phénomène qui peut partiellement s'expliquer par la spéculation foncière et immobilière), etc.

## PERSPECTIVES

- La croissance rapide du taux d'urbanisation de la population équatorienne au cours des quatre dernières décennies est un phénomène qui n'est pas propre à l'Équateur. Le taux d'urbanisation ainsi que le degré de métropolisation équatorien restent d'ailleurs inférieurs à la moyenne latino-américaine — des taux élevés ne sont sans doute pas synonyme de vitalité et de meilleure santé économique, loin s'en faut. Il semble que le taux d'urbanisation soit appelé à croître au cours des prochaines décennies (phénomène d'ordre mondial). Toutefois, dans le cadre d'une situation économique et sociale préoccupante, la croissance urbaine mal contrôlée (carence des infrastructures et des services de base, détérioration du parc immobilier, difficultés pour les nouveaux citoyens de trouver un emploi...) risque, d'une part de renforcer les déséquilibres régionaux, d'autre part, d'accroître la dépendance financière des municipalités envers le gouvernement central et enfin de générer des villes se heurtant à des problèmes quasi insolubles par manque de moyens financiers et de volonté politique (c'est déjà le cas de certaines villes de la Costa). En effet, une croissance démographique qui ne s'accompagne pas d'un développement économique cohérent conduit à une aggravation des conditions de vie des citoyens et à un renforcement des processus ségrégatifs, à l'échelle tant nationale que régionale et intra-urbaine.

- La croissance démographique, la faiblesse relative des interventions de l'État en matière d'habitat et les capacités financières limitées de la plupart des habitants de la capitale posent des problèmes de plus en plus aigus. Depuis 1970, les quartiers populaires se sont spectaculairement étendus sur les pentes du volcan Pichincha et quelques « invasions » ont vu le jour. Dans les années à venir, il est à craindre que la situation des plus défavorisés ne se dégrade en raison de la baisse du pouvoir d'achat et que l'accès au logement, aux infrastructures et aux services de base ne devienne de plus en plus difficile pour la majorité des Quiténiens.

- Dans la plupart des pays des tiers mondes, la capitale tend à concentrer tous les pouvoirs. Il est rare de rencontrer comme en Équateur, deux métropoles puissantes, disposant d'atouts complémentaires, ce qui n'exclut pas une rivalité certaine. Si l'économie de cycles a entraîné le déplacement du centre de gravité démographique et urbain du pays vers la Costa, ce qui débouche aujourd'hui sur un équilibre relatif entre les deux métropoles et les deux principales régions géographiques et économiques du pays et renforce la bicephalie urbaine — qui peut s'expliquer par l'existence de deux régions géographiquement très différentes dans un pays relativement peu étendu — elle a également favorisé la naissance et le renforcement des centres intermédiaires et des pôles régionaux. C'est certainement un atout pour le territoire national à condition que cette spécificité dans le cadre latino-américain soit reconnue par les autorités et soit gérée de façon cohérente (investissements décentralisés, politique régionale de développement, etc.).

## ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE - ORIENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

- GODARD, H. (1987), Quito-Guayaquil: eje central o bicefalía, *El espacio urbano en el Ecuador*, Geografía Básica del Ecuador, tomo III, Quito, IPGH / ORSTOM / IGM, p. 108-136.
- PORTAIS, M. (1987), Flujos y áreas de influencia urbana, *El espacio urbano en el Ecuador*, Geografía Básica del Ecuador, tomo III, Quito, IPGH / ORSTOM / IGM, p. 76-105.

- De 1888 a 1946, profundas mutaciones demográficas y espaciales se operan en la capital. La inauguración, en 1908, de la línea de ferrocarril entre Durán (afueras actuales populares de Guayaquil) y Quito, costosa obra de integración nacional, va a jugar un papel nada despreciable en las transformaciones de la capital. La facilidad de transporte de equipos pesados (materiales de construcción y bienes de equipamiento importados) y la proximidad del centenario de la Batalla de Pichincha (1922) permite el mejoramiento de las infraestructuras y el embellecimiento de la capital.

Sin embargo, el fenómeno urbano más notable de este período es el paso de un tipo de crecimiento nuclear centrado en la Plaza Grande a una extensión longitudinal: la construcción del terminal del ferrocarril al Sur del Centro Histórico favorece la industrialización y el desarrollo de barrios populares en ese sector. Entre 1888 y 1946, la tasa de crecimiento anual se eleva (2,98 % entre 1888 y 1921; 3,25 % entre 1921 y 1946 — hay entonces una densificación permanente aunque lenta del espacio construido). Si bien el « peso » de la zona central disminuye en valores relativos (70,6 % de la superficie total en 1760, 28,8 % en 1946), el de la zona sur crece lentamente hasta 1921 (tasa de crecimiento anual del 3,1 % entre 1888 y 1946) para luego disminuir en valores relativos entre 1921 y 1946, en beneficio de la zona norte que ocupa 38,6 % de la superficie total en 1946. En efecto, las clases acomodadas comienzan a instalarse definitivamente en el Norte de la ciudad luego de abandonar sus residencias en el Centro Histórico, que comienzan a deteriorarse.

- A partir de 1946, la capital entra en una fase de acelerado crecimiento y de profundas mutaciones socio-económicas y espaciales. La población se incrementa rápidamente (la tasa de crecimiento anual supera el 4 % entre 1946 y 1987; es sorprendente que disminuya al 3 % entre los dos censos [sería necesario estudiar la precisión de los datos del censo de 1990 para establecer la tasa exacta de incremento]).

Hasta 1970, las mutaciones urbanas se caracterizan por el desplazamiento funcional del Centro Histórico hacia el barrio Mariscal Sucre — lo que explica la rápida extensión espacial del sector norte de la capital — y por la consolidación de la segregación residencial: barrios acomodados al Norte, barrios populares, industriales y programas masivos de vivienda al Sur. La zona central, densamente ocupada, mantiene un ritmo de crecimiento particularmente bajo (1,1 % entre 1946 y 1971 — umbral probable de saturación), mientras que el de la zona sur alcanza el 3,5 % (relativa desaceleración del crecimiento espacial debida, al menos parcialmente, al desarrollo de ciertas industrias y bodegas al Norte de la ciudad) y el de la zona norte se eleva al 5,9 %.

A partir de 1970, las tendencias subrayadas anteriormente se aceleran: fuerte crecimiento demográfico, en razón tanto del incremento natural como de los aportes migratorios; progresiva revalorización del centro y acentuación de los procesos de transferencia funcional (ver lámina n° 41) lo que tiene como efecto expulsar a los más desposeídos hacia otros sectores urbanos; extensión de la zona turgurizada hacia los barrios populares localizados alrededor del centro; intensificación de los procesos segregativos; crecimiento de los barrios populares en la periferia; desarrollo espacial de la zona norte (5,6 % por año entre 1971 y 1983, fenómeno que puede explicarse en parte por la especulación inmobiliaria y del suelo), etc.

## PERSPECTIVAS

- El rápido crecimiento de la tasa de urbanización de la población ecuatoriana durante los cuatro últimos decenios es un fenómeno que no es propio al Ecuador. En el país, esa tasa así como el grado de metropolización siguen siendo por cierto inferiores al promedio latinoamericano — tasas elevadas no son por cierto sinónimo de vitalidad o de mejor salud económica, lejos de ello. Al parecer, la tasa de urbanización va a crecer durante los próximos decenios (fenómeno de orden mundial). Sin embargo, en el marco de una situación económica y social preocupante, el crecimiento urbano mal controlado (carencia de infraestructuras y de servicios básicos, deterioro del parque inmobiliario, dificultades para los nuevos ciudadanos de encontrar un empleo...) podría, por una parte, reforzar los desequilibrios regionales, y por otra, incrementar la dependencia financiera de los municipios con relación al gobierno central y finalmente generar ciudades que se confronten a problemas casi insolubles por falta de medios financieros y de voluntad política (es ya el caso de algunas ciudades de la Costa). En efecto, un crecimiento demográfico que no se acompaña de un desarrollo económico coherente conduce a un agravamiento de las condiciones de vida de los ciudadanos y a una acentuación de los procesos segregativos, a nivel tanto nacional como regional e intra-urbano.

- El crecimiento demográfico, la relativa debilidad de las intervenciones del Estado en materia de hábitat y las limitadas capacidades financieras de la mayoría de los habitantes de la capital plantean problemas cada vez más agudos. Desde 1970, los barrios populares se han extendido significativamente en las pendientes del volcán Pichincha y se han producido algunas « invasions ». En los años por venir, hay que temer que la situación de los más desfavorecidos se deteriore debido a la reducción del poder adquisitivo, y que el acceso a la vivienda, a las infraestructuras y a los servicios básicos se torne cada vez más difícil para la mayoría de los quiteños.

- En la mayoría de los países del Tercer Mundo, la capital tiende a concentrar todos los poderes. Es raro encontrar como en el Ecuador, dos metrópolis poderosas, que se complementan, lo que no excluye una rivalidad cierta. Si bien la economía de ciclos ha acarreado el desplazamiento del centro de gravedad demográfico y urbano hacia la Costa, lo que desemboca actualmente en un relativo equilibrio entre las dos metrópolis y las dos principales regiones geográficas y económicas del país y refuerza la bicefalía urbana — que puede explicarse por la existencia de dos regiones geográficamente muy diferentes en un país relativamente poco extenso — ha favorecido también el surgimiento y la consolidación de los centros urbanos intermedios y de los polos regionales. Es seguramente una ventaja para el territorio nacional a condición de que esa especificidad en el marco latinoamericano sea reconocida por las autoridades y manejada de manera coherente (inversiones descentralizadas, política regional de desarrollo, etc.).

María Augusta FERNÁNDEZ ; Marc SOURIS  
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

### SOURCES ET LIMITES

La base de données topographiques contient des informations couvrant une superficie d'approximativement 1 000 km<sup>2</sup>, qui correspond à l'aire d'influence directe de la capitale.

La précision de l'information se situe à deux niveaux :

- la Quito consolidée : à l'intérieur du tissu urbain, ont été retenus les points altimétriques des rues à raison d'un tous les 100 m. L'altimétrie est issue de la cartographie produite par l'Institut Géographique Militaire, échelle : 1/1 000 (1986) et la numérisation a été réalisée sur des réductions au 1/2 000. Ce travail a porté sur environ 15 000 ha ;

- l'agglomération quiténienne ou l'Aire Métropolitaine de Quito : ont été digitalisées les courbes de niveau avec une équidistance de 40 m ; elles sont issues de la cartographie officielle (Institut Géographique Militaire), échelle : 1/50 000 (différentes dates). Compte tenu des objectifs de l'Atlas, on a considéré qu'à l'échelle régionale le niveau de détail offert par cette cartographie était suffisant. Ce travail a été réalisé sur environ 85 000 ha.

### PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

La représentation du relief de l'agglomération quiténienne est indispensable pour connaître avec précision les formes sur lesquelles s'est développée la croissance urbaine ainsi que pour localiser, qualifier et quantifier les différentes unités géomorphologiques et géologiques de cette région ; ces paramètres sont pris en compte par la planification, lors de l'implantation des réseaux d'infrastructures, des équipements, etc.

### ÉLABORATION

Le relief de l'Aire Métropolitaine de Quito a été produit par le Système d'Information Géographique Savane en utilisant le sous-système de Modèles Numériques de Terrain Babel.

Les informations qu'on a choisi de superposer aux Modèles Numériques de Terrain sont celles de l'extension de la tache urbaine (cf. planche n° 1), du réseau de drainage naturel (cf. planche n° 7) et des espaces verts. On souhaite ainsi donner un exemple des capacités de cet outil de visualisation. En fonction des objectifs spécifiques de chaque recherche, on peut utiliser n'importe lequel des attributs contenus dans la base de données et le superposer aux Modèles Numériques de Terrain.

### COMMENTAIRE

La localisation de la ville de Quito répond au choix que firent de ce site les différents groupes culturels qui l'aménagèrent. Les premières traces d'occupation remontent à 2000 ans av. J.C. Au XIV<sup>e</sup> siècle, les Incas occupèrent cet endroit pour son intérêt stratégique : barrières physiques et visibilité étendue, ravins profonds entaillant d'est en ouest une petite dépression limitée par des hauteurs d'un côté et par un abrupt de plus de 200 m de dénivelé de l'autre.

Le site originel constituait un point de passage obligé pour les voyageurs qui se déplaçaient entre le nord et le sud de l'Amérique ; cette caractéristique permit à Quito de devenir un site militaire stratégique. Les possibilités d'approvisionnement, grâce aux cultures traditionnelles et aux conditions climatiques et pédologiques favorables, firent de ce lieu un point d'échanges commerciaux de produits agricoles et finis.

Ainsi, les Espagnols conquièrent un espace déjà structuré et décidèrent de superposer « la Ville de San Francisco de Quito » à ce qui fut, pour l'époque, une des garnisons parmi les plus importantes de « l'Empire du Soleil ». La fondation espagnole eut lieu le 6 décembre 1534, en conformité avec l'ordonnance de Philippe II qui précisait la localisation de la nouvelle cité :

« [...] que le terrain soit salubre, qu'il soit assuré que puissent y vivre des vieillards et des jeunes de bonne et heureuse constellation, que l'air pur et doux soit limpide et sain, qu'il n'y ait ni obstacles ni tumultes, que l'atmosphère n'y soit ni trop chaude ni trop froide et que si l'on devait choisir l'une ou l'autre des solutions que l'on choisisse le froid ; qu'il y aient des pâturages pour élever du bétail, des hauteurs et des bosquets afin de disposer de bois, des matériaux pour la construction, de l'eau potable en abondance pour boire, irriguer... » (Archives des Indes, Espagne).

Depuis lors, presque 500 années se sont écoulées et la ville actuelle a dépassé depuis quelques décennies les limites coloniales ; la cité s'est étendue spatialement et la population a crû ainsi que la demande en services. Ces besoins doivent être satisfaits dans un milieu naturel difficile : les barrières physiques, dont les fonctions originelles étaient de protéger la ville, se sont converties en contraintes géographiques qui limitent et en de nombreux cas empêchent d'assurer à la ville les services indispensables et la modèlent en systèmes fonctionnels spécifiques adaptés à ce milieu naturel compartimenté.

Aujourd'hui, c'est une région soumise à un processus accéléré d'urbanisation ; elle occupe l'espace existant entre les deux chaînes de la cordillère des Andes. La ville de Quito stricto sensu est située sur les versants du massif volcanique du Pichincha, entre 2 850 et 3 100 mètres d'altitude, d'où on domine à l'est les extensions urbaines qui descendent jusqu'à 2 600 mètres.

### FUENTES Y LÍMITES

La base de datos topográficos contiene información que cubre aproximadamente 1.000 km<sup>2</sup>, área de influencia directa de la capital.

La precisión de la información se sitúa a dos niveles:

- la Quito consolidada: se registraron dentro del tejido urbano, puntos altimétricos de las calles cada 100 m. Se tomó la altimetría de la cartografía producida por el Instituto Geográfico Militar, escala 1:1.000 (1986) y la digitalización se realizó en reducciones a escala 1:2.000. Este trabajo se efectuó aproximadamente en 15.000 ha.;

- la aglomeración quiteña o el Área Metropolitana de Quito: se digitalizaron curvas de nivel cada 40 m tomadas de la cartografía oficial (Instituto Geográfico Militar) a escala 1:50.000 (diferentes fechas). Considerando los objetivos del Atlas, se consideró suficiente para la región el nivel de detalle que provee esta cartografía. Este trabajo se realizó aproximadamente en 85.000 ha.

### PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

La representación del relieve de la aglomeración de Quito es indispensable para conocer con precisión las formas sobre las que se va asentando el proceso urbano, así como para localizar, calificar y cuantificar las diferentes unidades geomorfológicas y geológicas de esta región; estos parámetros son considerados en la planificación, para la instalación de las redes de infraestructura, de los equipamientos, etc.

### ELABORACIÓN

El relieve del Área Metropolitana de Quito fue generado a través del Sistema de Información Geográfica Savane, con el sub-sistema de Modelos Numéricos de Terreno denominado Babel.

La información que se seleccionó para sobreponer a los Modelos Numéricos de Terreno corresponde a la extensión de la mancha urbana (ver lámina n° 1), a la red original de drenaje (ver lámina n° 7) y a las áreas verdes. Se pretende así ejemplificar la potencialidad de este instrumento de visualización. Dependiendo de los objetivos específicos de cada investigación, se puede utilizar cualquiera de los atributos que contiene la base de datos y sobreponerlo a los Modelos Numéricos de Terreno.

### COMENTARIO

La localización de la ciudad de Quito responde a la selección que de este sitio realizaron las diferentes culturas que la fueron construyendo, cuyos primeros indicios se remontan a 2000 años A.C. En el siglo XIV, los Incas ocuparon este mismo lugar por las condiciones estratégicas que reunía: barreras físicas y amplia visibilidad, quebradas profundas cruzaban de Este a Oeste una pequeña depresión limitada por cerros de un lado y por un abrupto de más de 200 m de desnivel del otro.

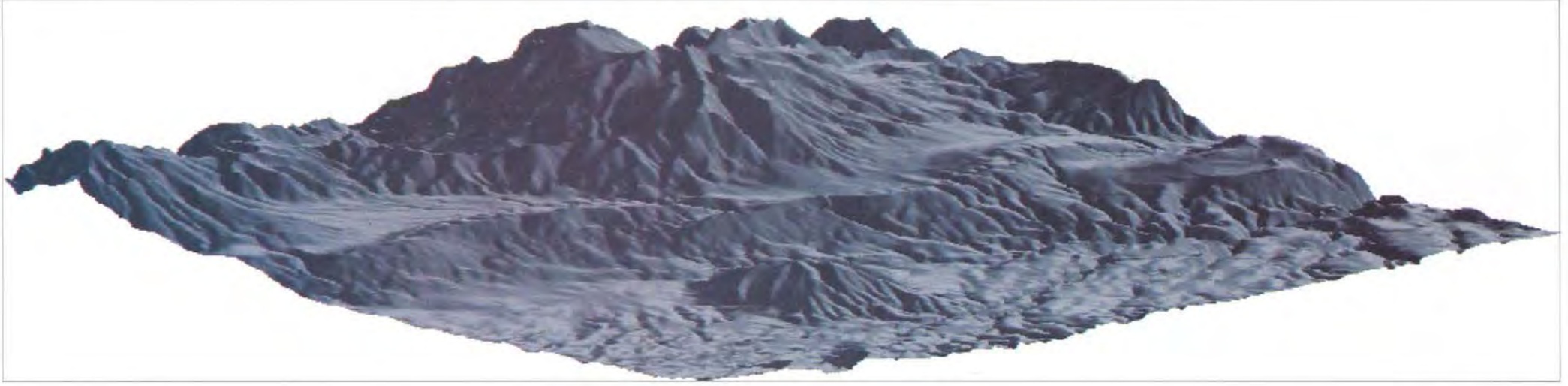
El sitio original constituía punto de paso obligado para los viajeros que se desplazaban entre el Norte y el Sur de América, característica que permitió a Quito convertirse en un punto militar estratégico. Las posibilidades de aprovisionamiento, gracias a la existencia de cultivos tradicionales y a las favorables condiciones climáticas y de suelos, hicieron de este lugar un punto de intercambio comercial de productos agrícolas y elaborados.

Los españoles conquistaron un espacio organizado y lo usaron con la finalidad de superponer « la Villa de San Francisco de Quito » a lo que fuera, para aquella época, una de las guarniciones más importantes del « Imperio del Sol ». La fundación española se efectuó el 6 de diciembre de 1534, siguiendo la ordenanza de Felipe II sobre la localización que debía tener la nueva ciudad:

« [...] que el terreno sea saludable, reconociendo si se conservan en él, hombres de mucha edad y mozos de buena y feliz constelación, claro y benigno el aire puro y suave, sin impedimentos ni alteraciones, el temple sin exceso del calor o frío y habiendo de declinar a una u otra calidad, escojan el frío; si hay pastos para criar ganado, montes y arboledas para leña, materiales de casas y edificios, muchas y buenas aguas para beber, regar... » (Archivo de Indias, España).

Desde ese entonces, han pasado casi 500 años y la actual aglomeración rebasó hace algunas décadas los límites coloniales; las dimensiones de la ciudad han cambiado en superficie, población, demanda de servicios. Tales necesidades deben ser satisfechas en un medio natural complicado: las barreras físicas cuyas primeras funciones de protección se han transformado para convertirse en accidentes geográficos que limitan y en muchos casos impiden proveer a la ciudad de los servicios que requiere y la modelan en sistemas funcionales particulares adaptados a este medio natural de encierro.

Ahora es una región sujeta a un proceso acelerado de urbanización que ocupa el espacio que queda entre los dos ramales de la cordillera de los Andes. La ciudad de Quito *stricto sensu* está emplazada sobre las vertientes del macizo volcánico del Pichincha, entre los 2.850 y 3.100 m de altura, desde donde se dominan al Este, los suburbios que bajan hasta los 2.600 m.



**1. Quito vue du nord-est**

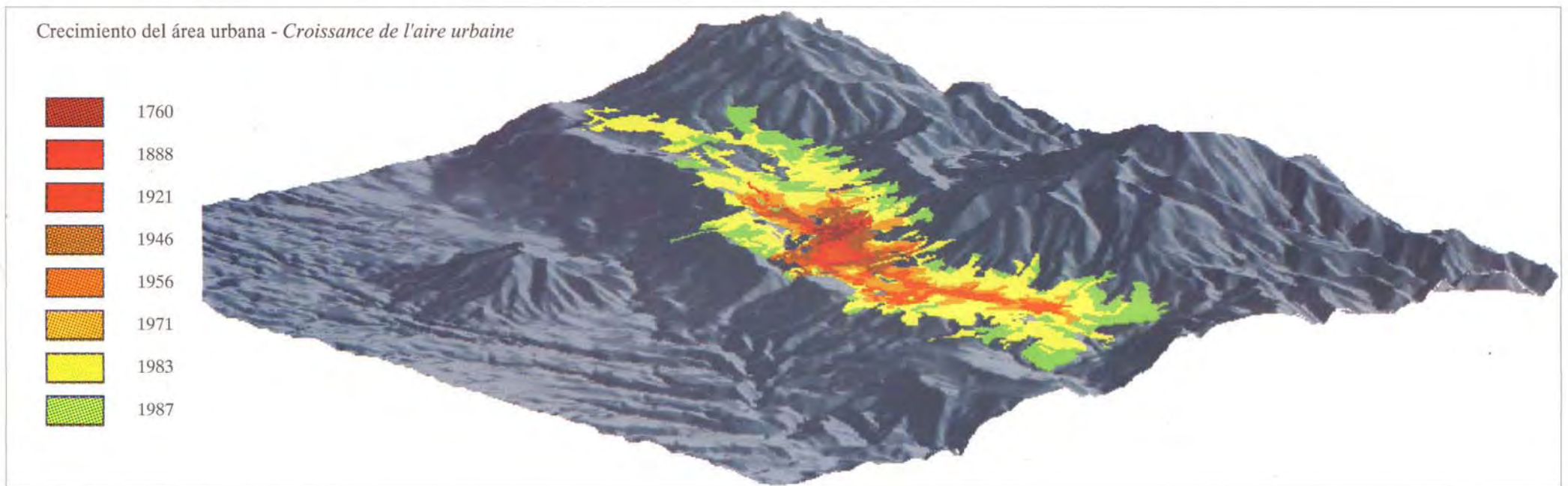
La position de l'observateur permet de saisir la dénivellation existante entre la Quito urbanisée et la grande dépression interandine dans laquelle s'étendent les extensions urbaines récentes. Cette barrière physique freine la croissance de la ville à l'est et les versants du volcan Pichincha la freinent à l'ouest ; ces contraintes orientent la tache urbaine longitudinalement.

Si à chaque extrémité de la ville existent des sorties qui la mettent en relation avec les parties septentrionale et méridionale du pays, le lien entre le Grand Quito à l'est et la Quito consolidée à l'ouest est réduit à trois passages naturels : l'ancienne route de la vallée de Los Chillos, l'auto-route qui traverse cette vallée et la route Interocéanique qui emprunte la vallée de Tumbaco.

**1. Quito vista desde el Noreste**

La ubicación del observador permite visualizar el desnivel existente entre la Quito consolidada y la gran depresión interandina en donde se asienta la periferia urbana. Esta barrera física frena el crecimiento de la ciudad hacia el Este y las vertientes del volcán Pichincha hacia el Oeste; estas limitaciones orientan longitudinalmente a la mancha urbana.

Si bien a los extremos de la ciudad existen sendas salidas que la conectan con el Norte y el Sur del país, la vinculación entre el Gran Quito al Este y la Quito consolidada al Oeste está limitada a tres pasos naturales: la carretera antigua al valle de los Chillos, la autopista que atraviesa ese valle, y la carretera Interoceánica que pasa por el valle de Tumbaco.



**2. Quito vue du nord-ouest**

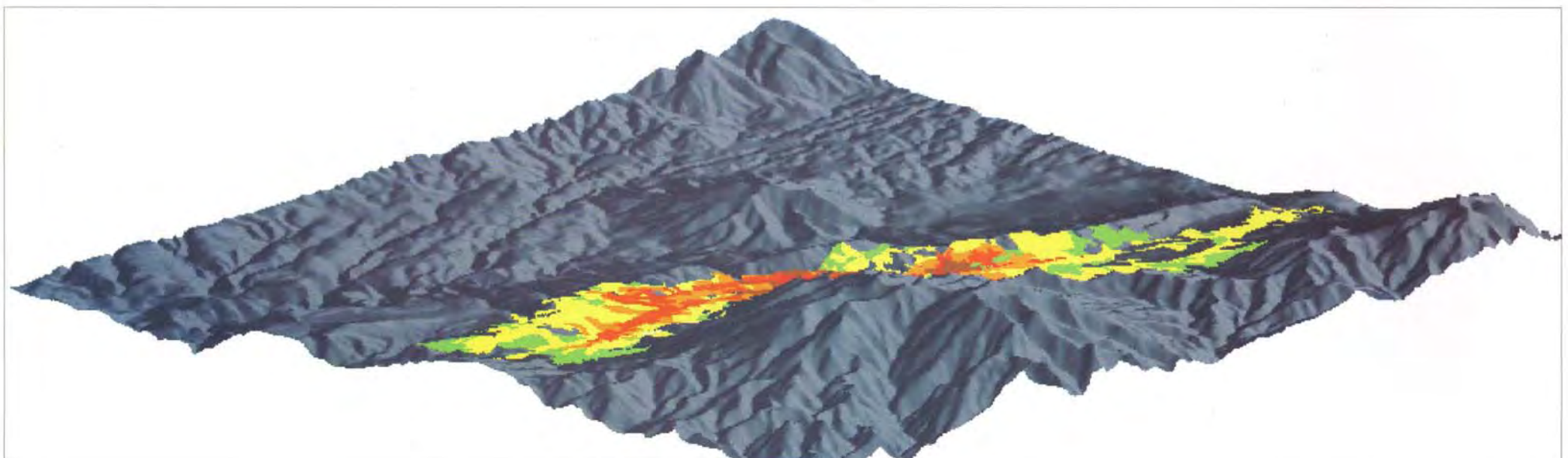
La vision de Quito depuis le nord-ouest apparaît en plaçant l'observateur à la cime du volcan Pichincha, duquel se divisent les formes de relief du massif volcanique toujours en activité, construites à partir des produits des éruptions et modelées par l'érosion. On peut clairement observer que les chemins empruntés par les matériaux volcaniques ont gravé le réseau de drainage sur le relief, convergeant directement vers la ville. Il est fréquent que la capitale souffre des effets sismiques, de la mise en mouvement des matériaux issus des éruptions, des précipitations intenses (c'est-à-dire, en fait, de son implantation géographique sur un relief en formation).

La même situation apparaît à l'évidence en la périphérie urbaine si l'on observe l'extrémité supérieure du modèle où s'impriment nettement les chemins empruntés par les matériaux des éruptions du volcan actif Cotopaxi à une époque récente (cf. planche n° 6). Les entailles dans le relief qui traversent la vallée de Los Chillos cessent d'exister au pied du volcan Ilaló qui constitue un obstacle de grande ampleur protégeant la vallée de Tumbaco.

**2. Quito vista desde el Noroeste**

La visión de Quito desde el Noroeste se obtiene ubicando al observador sobre la cumbre del volcán Pichincha, desde donde se divisan las formas de relieve del macizo volcánico aún en actividad, construidas con los productos de las erupciones y modeladas con la erosión. Se puede ver claramente que las rutas seguidas por los materiales han grabado la red de drenaje en el relieve, dirigiéndose directamente a la ciudad. Es frecuente que Quito sufra de los efectos sísmicos y de arrastre de material producto de las erupciones, de las intensas precipitaciones, en fin, de su localización geográfica sobre un relieve en formación.

Igual situación se evidencia en la periferia urbana al observar el extremo superior del modelo, donde se marcan con claridad los cauces que han tomado los materiales de las erupciones del volcán activo Cotopaxi en tiempos recientes (ver lámina n° 6). Las incisiones en el relieve pasan por el valle de los Chillos y se detienen al llegar frente al volcán Ilaló que se convierte en un obstáculo de gran magnitud que protege al valle de Tumbaco.





### 3. Quito vue de l'est

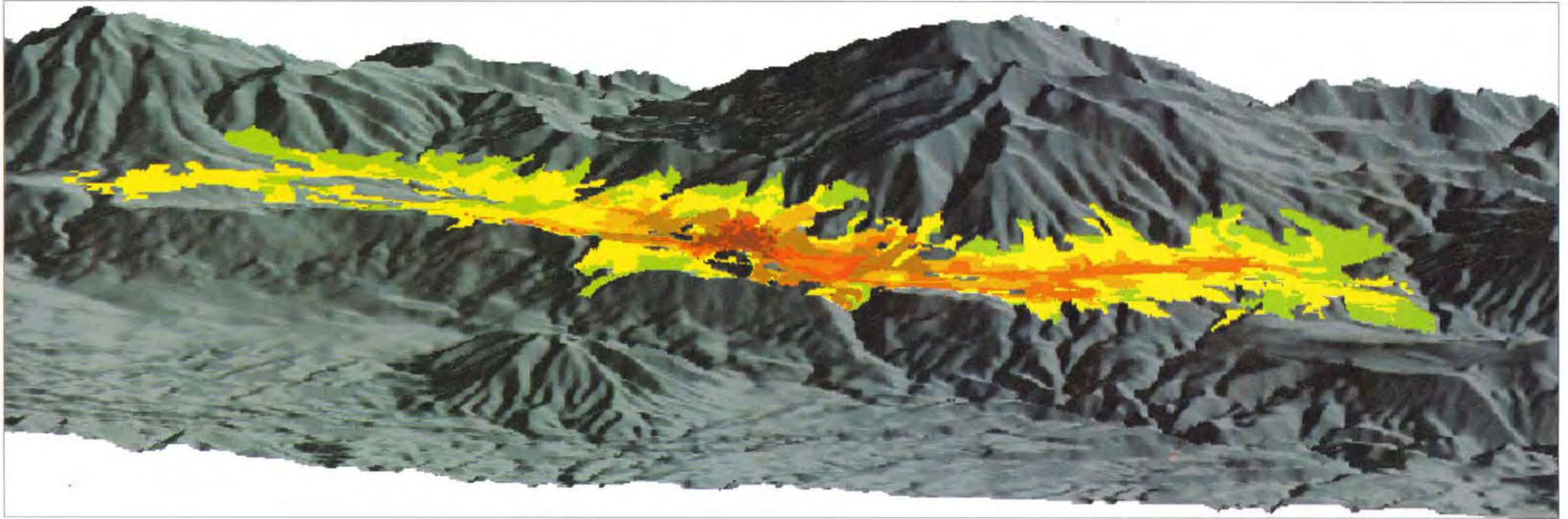
Si l'on se place à l'est de la ville, sur une des hauteurs des Andes, on peut noter dans la capitale des préférences de croissance historique manifestes. Ainsi, on voit qu'à partir du Centre Historique la croissance s'est faite préférentiellement vers le nord et que récemment, elle s'est orientée vers le sud — sous une forme extensive — à tel point que la tache urbaine a franchi les limites du volcan Pichincha et que l'occupation des versants du volcan Atacazo commence.

Sans nier l'importance des facteurs socio-économiques et politiques, les caractéristiques physiques ont fortement orienté les tendances de la croissance. Un des éléments les plus déterminants a été la qualité du drainage naturel : on peut noter que la densité des ravins est plus forte au nord qu'au sud de la ville. Des travaux pour améliorer le réseau de drainage furent exécutés au nord par les conquérants espagnols qui avaient besoin d'agrandir les terrains communaux (ejidos). Au fil du temps, les sols du nord présentèrent de meilleures aptitudes pour la construction que ceux du sud de la ville où le niveau de la nappe phréatique est bien souvent à un mètre de la surface et dont les travaux d'assèchement ont été entrepris il y a moins d'une décennie (passage d'un usage agricole à une occupation urbaine) en raison des transformations économiques — le facteur déterminant fut le pétrole — dont la conséquence la plus évidente est la croissance explosive de la ville.

### 3. Quito vista desde el Este

Si nos ubicamos al Este de la ciudad, sobre una de las elevaciones de los Andes, podemos apreciar preferencias de crecimiento histórico manifiestas. Así, se ve que a partir del Centro Histórico, el crecimiento se ha desarrollado preferentemente hacia el Norte, y que recientemente se ha dirigido hacia el Sur en forma extensiva, a tal punto que ha rebasado los límites del volcán Pichincha y está iniciando la ocupación de las vertientes del volcán Atacazo.

Sin dejar de reconocer la importancia de los factores socio-económicos y políticos, las características físicas han orientado en gran medida las tendencias de crecimiento. Una de las más determinantes ha sido la calidad del drenaje natural: se puede apreciar que la densidad de quebradas al Norte es mayor que al Sur de la ciudad. Las obras para mejorar el drenaje fueron ejecutadas al Norte por los conquistadores españoles quienes necesitaban ampliar los ejidos o áreas comunales; con el paso de los años, los suelos presentaron mejores aptitudes para edificar que aquellos del Sur cuyo nivel freático en muchos casos se encuentra a 1 metro de la superficie, y cuyo desecamiento se ha iniciado hace no más de una década (paso de un uso agrícola a la ocupación urbana), respondiendo a los cambios económicos — el determinante ha sido el petróleo — cuya consecuencia más evidente es el crecimiento explosivo de la ciudad.



### 4. Quito vue du sud-est

Si l'observateur se situe à l'extrême sud-est de l'Aire Métropolitaine, approximativement sur le volcan Cotopaxi, il pourra admirer l'ampleur du strato-volcan Pichincha (4 794 m) qui supporte la forme originale qu'adopte la ville pour ne pas arrêter sa croissance. Hormis les difficultés qui résultent du choix du site d'implantation de Quito en un lieu aussi accidenté, on ne peut éviter de penser à la beauté naturelle qu'elle s'est donnée en s'installant sur un balcon des Andes d'où l'on domine les aires d'influence et les espaces naturels encerclés par 12 édifices volcaniques qui la protègent, et pourquoi ne pas le dire, la guettent.

La dépression, ou sillon interandin, s'ouvre au pied de la ville offrant plusieurs possibilités pour son extension urbaine, phénomène qui a commencé dans les années soixante-dix. Cependant, les ruptures du relief ont empêché que s'assemblent les noyaux urbains en une conurbation, en obligeant plutôt ces centres à entreprendre un processus d'autosuffisance fonctionnelle, afin de diminuer — pour les services de base — leur dépendance vis-à-vis de Quito (cf. planche n° 3).

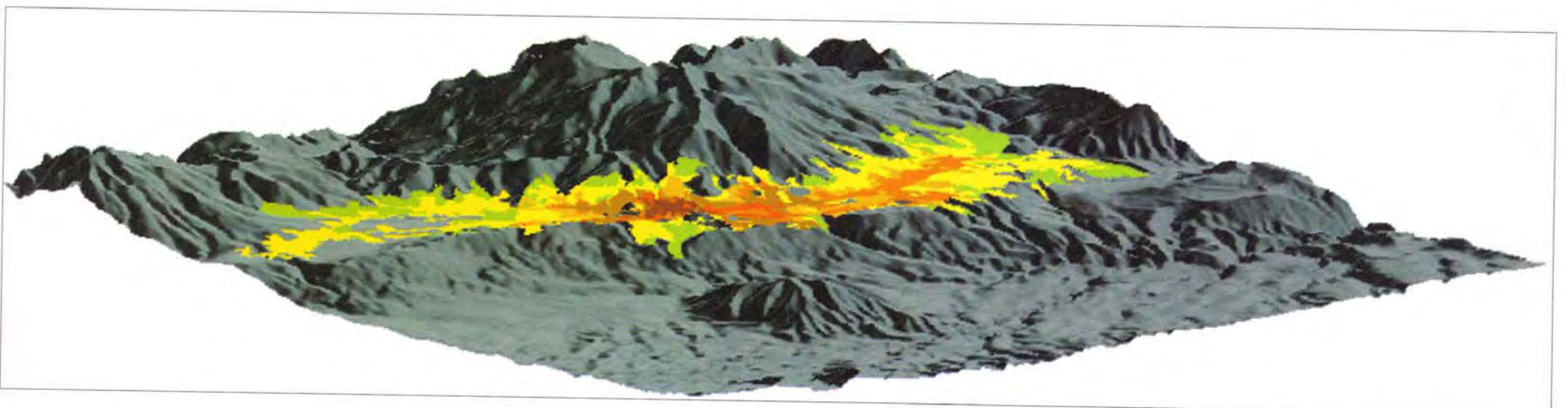
Les ruptures du réseau urbain donnent à l'observateur la possibilité de découvrir des paysages contrastés d'où la monotonie est absente : petites concentrations urbaines, espaces agricoles, grands axes asphaltés, routes empierrées en usage depuis la période coloniale, bois, collines, montagnes recouvertes de neiges éternelles. Enfin, la variété des paysages de l'Aire Métropolitaine, ainsi que le Centre Historique, font de cette ville un « lieu pour vivre ».

### 4. Quito vista desde el Sureste

Al ubicarse el observador al extremo sureste del Área Metropolitana de Quito, aproximadamente sobre el volcán Cotopaxi, se puede admirar la magnitud del estrato-volcán Pichincha de 4.794 m, que soporta la original forma que va adoptando la ciudad para no detener su crecimiento. A más de las dificultades que presenta el haber ubicado a Quito en un lugar tan accidentado, no podemos dejar de pensar en la belleza natural que se le dio al ubicarla en un balcón de los Andes, desde donde se dominan las áreas de influencia y las áreas naturales rodeadas por 12 edificios volcánicos que la resguardan, y por qué no decirlo, también la acechan.

La depresión, o callejón interandin, se abre al pie de la ciudad ofreciendo varias posibilidades para su ocupación urbana, proceso que se inició en los años setentas. Sin embargo, las rupturas de relieve no han permitido que se enlacen los núcleos urbanos en conurbaciones, sino que más bien han forzado a que estos centros inicien un proceso de autosuficiencia funcional, tratando de disminuir — en los servicios básicos — la dependencia con relación a Quito (ver lámina n° 3).

Las rupturas de la red urbana dan al observador la oportunidad de percibir paisajes contrastados en donde no existe la monotonía: pequeños centros urbanos, áreas agrícolas, carreteras modernas, vías empedradas que se utilizan desde la Colonia, bosques, colinas, montañas cubiertas de nieves perpetuas. En fin, la variedad de paisajes del Área Metropolitana, conjuntamente con el Centro Histórico, hacen de esta ciudad un « lugar para vivir ».



### 5. Le drainage naturel de Quito

Dans l'ensemble de la ville ont été recensées près d'une centaine de ravins qui drainent l'eau qui reçoivent les versants du volcan Pichincha à l'ouest et les flancs des collines orientales. Depuis le début de la période coloniale, la tache urbaine s'est superposée au drainage originel, gommant la plupart des torrents naturels dont la longueur accumulée dépasse 80 km.

Les ravins ont été remblayés et canalisés, contraignant les administrateurs de la ville à construire un réseau dense d'égouts, parfois insuffisant et complexe, qui mêle les eaux pluviales provenant des montagnes, celles qui sont issues des précipitations sur la ville et les eaux usées.

Les modifications que la ville a imprimé à son environnement naturel en matière de drainage lui ont permis de subsister et de s'étendre ; toutefois, leur coût se marque par la diversité des accidents morphodynamiques et par les grands investissements qu'impose le contrôle des tendances hydriques naturelles.

### 6. Les espaces verts

La « ceinture verte » qui entoure la limite urbaine vise à protéger la capitale des effets négatifs qui pourraient provenir des fortes pentes qui l'environnent si elles étaient soumises à une exploitation intensive. Les pouvoirs municipaux œuvrent actuellement à la protection de ces espaces considérés comme un environnement naturel, mais la dynamique urbaine, difficile à contrôler, grignote discrètement mais de manière soutenue ces zones inaptées au développement urbain.

Les aires de protection sont constituées d'arbres venus d'autres latitudes, tels l'eucalyptus et le pin. Rarement s'y mêlent des espèces locales tels que les myrtes, les herbes des pelouses andines (paramo) et les fleurs sylvestres. Outre la « ceinture verte » de la ville, la Municipalité a déclaré espaces protégés certains secteurs de l'Aire Métropolitaine comme le volcan éteint de l'Ilaló.

Les aires récréatives sont des espaces ouverts où les arbres sont rares. Le climat de la capitale, qui est le résultat de l'altitude à laquelle elle est située, limite la présence exubérante des arbres. Quito n'apparaît pas comme une « ville verte » ; elle projette plutôt l'image d'une « ville blanche » exaltée par les ruptures de pente qui permettent de voir les façades. L'ensemble est saupoudré de diverses tonalités de vert qui proviennent des arbres des parcs, des jardins des maisons et de l'herbe des espaces communaux, donnant à Quito un cachet naturel spécifique pour en faire une ville accueillante.

### 5. El drenaje natural de Quito

En el conjunto de la ciudad, se han identificado cerca de un centenar de quebradas que conducen el agua receptada de las vertientes del volcán Pichincha al Oeste y las laderas de las colinas orientales. Desde el inicio de la Colonia, la mancha urbana se ha superpuesto al drenaje original, borrando la gran mayoría de los cauces naturales que unidos superan los 80 km de longitud.

Las quebradas han sido reemplazadas por rellenos y canalizaciones, sometiéndolo a los administradores de la ciudad a construir una densa red de alcantarillado, en algunos casos insuficiente y compleja, que conduce las aguas lluvia provenientes de las montañas junto con las provenientes de las precipitaciones en la ciudad y las aguas servidas.

Las modificaciones que la ciudad ha impreso a su marco físico, en lo que al drenaje se refiere, le han permitido subsistir y extenderse, pero el costo se evidencia en la diversidad de accidentes morfológicos y las grandes inversiones que demanda controlar las tendencias hídricas naturales.

### 6. Las áreas verdes

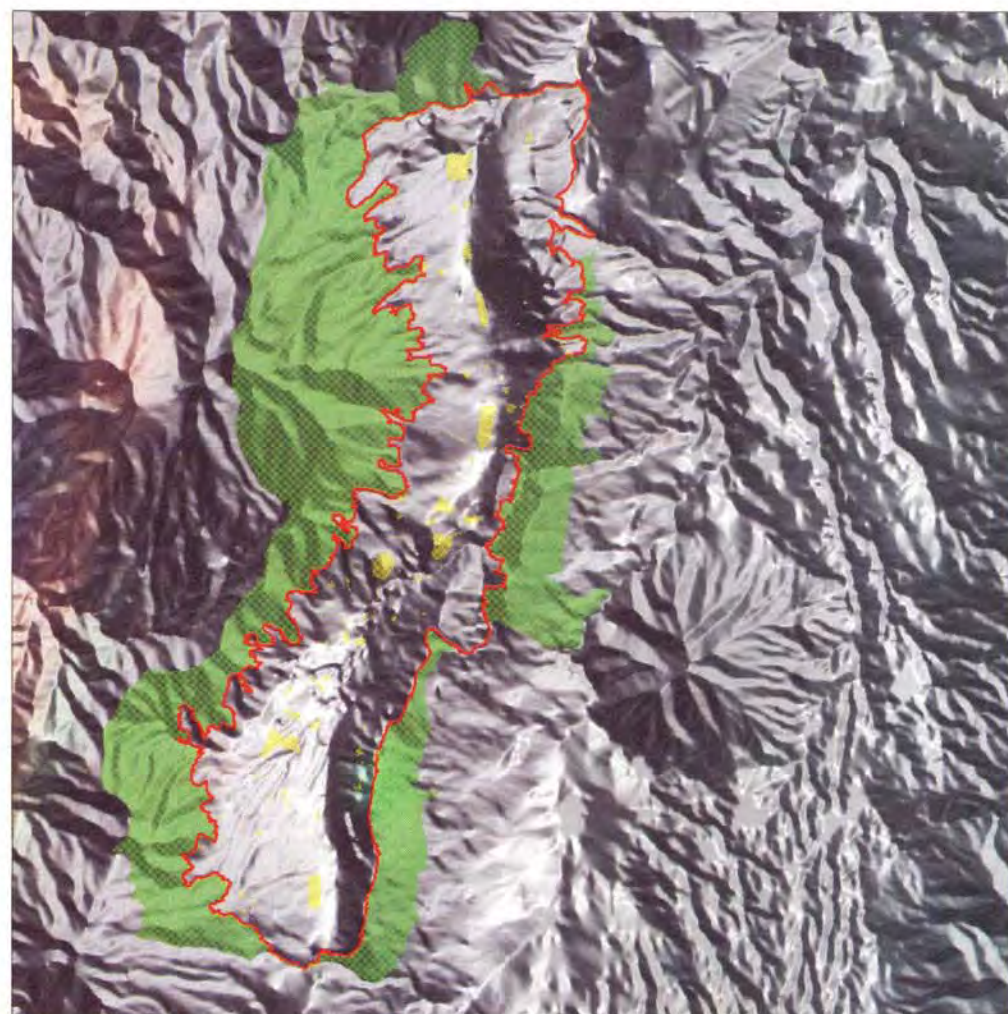
El cinturón verde que rodea al límite urbano busca proteger a la ciudad de los efectos negativos que pueden desatarse en las fuertes pendientes que la rodean, si son sometidas a una explotación intensiva. La gestión municipal trabaja actualmente por la conservación de esas áreas como entorno natural, pero la dinámica urbana, difícil de controlar, va ocupando tímidamente, aunque sostenidamente, esas zonas no aptas para el desarrollo urbano.

Las áreas de protección están constituidas por árboles provenientes de otras latitudes como eucalyptos y pinos; escasamente se entremezclan especies nativas como los arrayanes, las pajas de los páramos y las flores silvestres. Además del cinturón verde de la ciudad, el Municipio ha declarado espacios protegidos algunos sectores del Área Metropolitana, como el volcán apagado Ilaló.

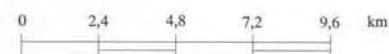
Las áreas de recreación son espacios abiertos en donde los árboles son escasos: el clima de la ciudad, producto de la altitud a la que está ubicada, limita la presencia exuberante de árboles. Quito no aparece como una « ciudad verde »; proyecta más bien la imagen de una « ciudad blanca » exaltada por los cambios de pendientes que permiten ver las fachadas. El conjunto está salpicado de variados tonos verdes que provienen de los árboles de los parques, los jardines de las casas y el césped de las áreas comunales, dando a Quito una marca natural específica que la hace una ciudad acogedora.



— Red de drenaje - Réseau de drainage



Protección ecológica - Protection écologique  
 Áreas verdes intra-urbanas (recreación)  
 Límite urbano - Limite urbaine



Anne COLLIN DELAUAUD

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNANDEZ

SOURCES

- CLIRSEN ; IMQ ; Fundación Natura, Carte d'utilisation du sol, Quito, 1986.
- Consejo Provincial de Pichincha, Plan Maestro de Desarrollo del Pichincha. Diagnóstico, acuerdos HCPP-CAF-FONAPRE, Quito, 1986.
- DE NONI, B., *Ensayos de caracterización de las « afueras » de Quito*, Paisajes geográficos Quito, CEDIG, 1986.
- DE NONI, B., Carte de l'occupation urbaine de la partie occidentale et centrale du bassin de Quito, à partir des photographies aériennes de 1983 (IGM), Quito, 1990, inédit.
- IGM, Cartes au 1/25 000, 1/50 000 et 1/100 000.
- IGM, Photographies aériennes, Quito, 1983, 1967.
- IMQ, Plan del Distrito Metropolitano de Quito. Programa General 1990, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1990.
- IMQ, Reporte de urbanizaciones y anteproyectos de 1970 à 1990, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1990.
- IMQ, Esquema Director Plan Quito 1980, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1984.
- INEC, Recensement de la population et du logement, Quito, INEC, 1982.
- IMR ; Consulplan, Plan de Ordenamiento Territorial de Rumiñahui, Quito, 1987.
- ORSTOM-PRONAREG, MAG, Mapa de uso del suelo actual y formaciones vegetales, Quito, ORSTOM-PRONAREG, 1982.
- WATERS, W. ; ALMEIDA, J., El impacto de la expansión urbana sobre las áreas rurales periféricas, Quito, CEPLAES, 1985.

Les sources citées, d'inégal intérêt pour cette étude, seront partiellement utilisées. Trop générales ou trop ponctuelles, la plupart ne traitent que du canton de Quito sans tenir compte des relations avec les autres cantons ou avec la capitale. La grande diversité géographique et humaine des environs de Quito interdit toute généralisation d'un processus observé dans un lieu précis. L'aire métropolitaine, limitée au canton de Quito, a été élargie à son bassin pour permettre une approche globale.

La cartographie officielle (IGM) offre non seulement une toponymie très variable selon les échelles mais aussi plusieurs années d'écart pour une couverture à la même échelle. Il n'existe pas de carte des voies de communication hiérarchisées postérieure à 1985 (y compris au Ministère des Travaux publics). Il n'a pas été possible d'interpréter les photographies aériennes de 1989. Celles de 1983, en revanche, ont permis une réinterprétation plus précise du processus d'urbanisation par B. De Noni en 1990, compensant quelques difficultés de la légende de la carte d'utilisation du sol réalisée par le CLIRSEN (image satellite de 1986 et photographies aériennes de 1987) trop orientée vers les changements d'utilisation du sol et non vers la dynamique urbaine.

PROBLÉMATIQUE ET ÉLABORATION

L'extension de Quito développe-t-elle de nouvelles dynamiques de croissance dans les zones rurales voisines ? Cette tendance provoque-t-elle l'émergence progressive d'un « district urbain » ? Comment s'articulent alors les nouveaux espaces de ce « grand Quito » dans le cadre local et régional ?

L'extension urbaine dans un milieu physique très contraignant impose des stratégies de conquête spatiale. C'est ainsi que dans un rayon d'une trentaine de kilomètres, on observe des mutations lentes dans l'usage de l'espace : l'agriculture traditionnelle fait place à des formes de production agricole industrielle et les villages deviennent des pôles de structuration sur lesquels s'appuie la croissance de quartiers à caractéristiques urbaines qui tendent à transformer la ville de Quito en une agglomération. Cette nouvelle réalité, enjeu d'actualité, est d'ores et déjà prise en compte par la planification régionale (création en 1991 du District Métropolitain).

La carte de l'occupation urbaine du bassin de Quito (figure 1) met en évidence les espaces urbains, ruraux et naturels de ce bassin à partir d'informations obtenues à des échelles différentes ramenées au 1/200 000. La base essentielle est l'interprétation photographique réalisée par B. De Noni. Pour compléter les informations relatives aux activités agricoles, des données de l'ORSTOM-PRONAREG ont été simplifiées et ajoutées. Les limites de la ville de Quito sont celles de 1987 (IMQ). Il s'agit de replacer la croissance urbaine ou semi-urbaine des périphéries de Quito dans son milieu géographique particulièrement contraignant (pentes, ravins, érosion, aridité et vent au nord, humidité au sud, froid en altitude) et dans un milieu rural à l'évolution et à la dynamique très diversifiées. Le bassin de Quito offre aussi bien de grandes haciendas pastorales (élevage laitier), des petites parcelles d'arboriculture et de cultures spécialisées, que de très petites parcelles à moitié abandonnées et minifundio d'autosubsistance.

Très vite, se pose le problème des limites à retenir car bien des aspects de croissance liés à Quito se manifestent fort loin de la capitale, alors que de très vastes espaces sont encore faiblement occupés dans la ville même et aux alentours.

La carte relative aux étapes de l'urbanisation de la partie nord du canton de Rumiñahui (figure 2) est une synthèse des croquis des étapes de l'occupation du sol proposés dans le Plan de Ordenamiento Territorial de Rumiñahui de 1987 qui met en évidence non seulement la complexité de l'occupation du sol mais aussi les terrains vides en cours de transaction vers le lotissement.

Cette carte facilite l'approche des étapes d'urbanisation réalisée dans un premier temps autour des noyaux urbains de Sangolquí et de San Rafael, en profitant du rôle essentiel de l'autoroute et des axes principaux servant d'ossature à l'organisation de ces nouveaux espaces urbains souvent mal articulés entre eux et avec les villages. La conquête des espaces intermédiaires se manifeste soit par des successions de villas implantées sur de grandes parcelles consécutives à un fractionnement des grandes haciendas, soit par de

FUENTES

- CLIRSEN; IMQ; Fundación Natura, *Mapa de utilización del suelo*, Quito, 1986.
- Consejo Provincial de Pichincha, *Plan Maestro de Desarrollo del Pichincha. Diagnóstico*, acuerdos HCPP-CAF-FONAPRE, Quito, 1986.
- DE NONI, B., *Ensayos de caracterización de las « afueras » de Quito*, *Paisajes geográficos* Quito, CEDIG, 1986.
- DE NONI, B., *Mapa de la ocupación urbana de la parte occidental y central de la cuenca de Quito*, a partir de las fotografías aéreas de 1983 (IGM), Quito, 1990, inédito.
- IGM, Mapas a escala 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000.
- IGM, Fotografías aéreas, Quito, 1983, 1967.
- IMQ, *Plan del Distrito Metropolitano de Quito. Programa General 1990*, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1990.
- IMQ, *Reporte de urbanizaciones y anteproyectos de 1970 a 1990*, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1990.
- IMQ, *Esquema Director Plan Quito 1980*, Quito, IMQ-Dirección de Planificación, 1984.
- INEC, *Censo de población y de vivienda*, Quito, INEC, 1982.
- IMR; Consulplan, *Plan de Ordenamiento Territorial de Rumiñahui*, Quito, 1987.
- ORSTOM-PRONAREG, MAG, *Mapa de uso del suelo actual y formaciones vegetales*, Quito, ORSTOM-PRONAREG, 1982.
- WATERS, W.; ALMEIDA, J., *El impacto de la expansión urbana sobre las áreas rurales periféricas*, Quito, CEPLAES, 1985.

Las fuentes citadas, de desigual interés para este estudio, fueron utilizadas parcialmente. Muy generales o muy puntuales, la mayoría de ellas no se refieren sino al cantón Quito sin tener en cuenta las relaciones con los otros cantones o con la capital. La gran diversidad geográfica y humana de los alrededores de Quito impide toda generalización de un proceso observado en un lugar preciso. Para permitir un enfoque global, el área metropolitana, limitada al cantón Quito, fue ampliada a la hoya.

La cartografía oficial (IGM) ofrece no sólo una toponimia muy variable según las escalas sino también varios años de diferencia entre una y otra cobertura a la misma escala. No existe, ni aún en el Ministerio de Obras Públicas, un mapa de las vías de comunicación jerarquizadas posterior a 1985. No fue posible interpretar las fotografías aéreas de 1989. Las de 1983, en cambio, permitieron a B. De Noni en 1990 realizar una reinterpetación más exacta del proceso de urbanización, compensando algunas deficiencias de la leyenda del mapa de utilización del suelo realizado por el CLIRSEN (imagen satélite de 1986 y fotografías aéreas de 1987) muy orientado hacia los cambios de utilización del suelo y no hacia la dinámica urbana.

PROBLEMÁTICA Y ELABORACIÓN

Desarrolla la expansión de Quito nuevas dinámicas de crecimiento en las zonas rurales vecinas? Provoca esa tendencia el surgimiento progresivo de un « distrito urbano »? Cómo se articulan entonces los nuevos espacios de ese « Quito ampliado » en el marco local y regional?

La expansión urbana en un medio físico muy limitante impone estrategias de conquista espacial. Es así como en un radio de unos treinta kilómetros, se observan lentas mutaciones en el uso del espacio: la agricultura tradicional cede lugar a formas de producción agrícola industrial y los pueblos se convierten en polos de estructuración en los que se apoya el crecimiento de barrios de características urbanas que tienden a transformar a la ciudad de Quito en una aglomeración. La planificación regional toma en cuenta desde ya esta nueva realidad, de gran actualidad: creación en 1991 del Distrito Metropolitano.

El mapa de la *ocupación urbana de la hoya de Quito* (figura 1) pone en evidencia los espacios urbanos, rurales y naturales de dicha hoya a partir de informaciones obtenidas a diferentes escalas llevadas a 1:200.000. La base esencial es la interpretación fotográfica realizada por B. De Noni. Para completar las informaciones relativas a las actividades agrícolas, se agregaron, después de simplificarlos, datos de ORSTOM-PRONAREG. Los límites de la ciudad son los de 1987 (IMQ). Se trata de resituar al crecimiento urbano o semi-urbano de la periferia de Quito en su medio geográfico particularmente limitante (pendientes, quebradas, erosión, aridez y viento al Norte, humedad al Sur, frío en altura) y en un medio rural cuyas evolución y dinámica son muy diversas. La hoya de Quito presenta tanto grandes haciendas ganaderas (ganado lechero) y pequeñas propiedades con arboricultura y cultivos especializados, así como parcelas de reducido tamaño semi abandonadas y minifundio de autosubsistencia.

Se plantea enseguida el problema de los límites a tomarse en cuenta pues muchos aspectos del crecimiento relacionados con Quito se manifiestan muy lejos de la capital, mientras que espacios considerablemente amplios están aún muy poco ocupados en la ciudad misma y en sus alrededores.

El mapa relativo a las *etapas de la urbanización de la parte norte del cantón Rumiñahui* (figura 2) es una síntesis de los croquis sobre las etapas de ocupación del suelo propuestos en el Plan de Ordenamiento Territorial de Rumiñahui de 1987. Pone en evidencia no sólo la complejidad de la ocupación del suelo sino también los terrenos vacíos que son objeto de transacción para transformarse en lotizaciones.

Dicho mapa facilita el estudio de las etapas de la urbanización que se ha producido, en primera instancia, alrededor de los núcleos urbanos de Sangolquí y de San Rafael, aprovechando el rol esencial de la autopista y de los ejes principales que sirven de armazón a la organización de esos nuevos espacios urbanos a menudo mal articulados entre ellos y con los pueblos. La conquista de los espacios intermedios se refleja ya sea en sucesiones de villas implantadas en amplios predios resultantes del fraccionamiento de las grandes haciendas, o en divisiones en

petites parcelles paysannes communautaires ou dues à d'anciens travailleurs des haciendas.

La carte de la dynamique urbaine (1970-1990) (figure 3) repose en partie sur le registre des lotissements et des avant-projets enregistrés au service de planification de l'IMQ (octobre 1990). Les noms des lotissements ne sont pas toujours identiques, ni à ceux qui sont utilisés par l'IGM, ni à ceux qui ont été relevés pendant les enquêtes de terrain ; parfois même, ils n'y a aucune indication de lieu, de superficie ou de date de création. Ils n'intéressent de plus que le canton de Quito. Pour avoir une meilleure approche de la réalité du processus d'urbanisation, les lotissements repérés sur le terrain ont été ajoutés. Ces derniers ont pu être créés avant 1970 ou ne pas avoir été enregistrés entre 1970 et 1990, par erreur ou parce qu'illégaux. Quant au canton de Rumiñahui, on a simplifié les informations du Plan.

## COMMENTAIRE

### 1. Les dynamiques de l'urbanisation du bassin de Quito

#### 1.1. Les facteurs de la dynamique, moteurs de la croissance de l'agglomération

- La croissance démographique non seulement de Quito mais aussi des campagnes et des villages contribue fortement à la dynamique spatiale et fonctionnelle. Les apports migratoires — fort nombreux depuis 40 ans — qui alimentaient la ville et sa périphérie, continuent de peser sur la croissance, même s'ils diminuent depuis quelques années.

- Le manque d'espace immédiatement disponible dans la ville de Quito enserrée dans les montagnes — hormis le sud, la ville intra muros connaît un phénomène de débordement en dépit des pentes et de l'altitude — explique que les terrains attractifs pour les classes aisées commencent à manquer en ville alors que la circulation automobile s'accroît. Les entreprises industrielles et commerciales cherchent également des espaces pour leur usines et leurs entrepôts.

- À la croissance longitudinale de la ville qui éloigne chaque fois plus les citadins des quartiers centraux (services, commerces et emplois), s'est ajouté un développement latéral hors du périmètre urbain, en direction du bassin, qui semble être l'unique solution pour gagner de nouveaux espaces proches des quartiers d'affaires.

- L'amélioration ou la création des voies de circulation — la première route et l'autoroute vers Sangolquí dès 1972, l'avenue Panaméricaine, la route vers l'Amazonie (Transocéánica), l'autoroute vers la Mitad del Mundo — ont été immédiatement génératrices de flux vers de nouvelles zones de populations socialement aisées à la recherche d'espaces résidentiels (San Rafael, Sangolquí...). Cinq routes rapides relient Quito à son espace métropolitain.

- Le climat plus ensoleillé et plus chaud (altitude plus faible, 2 450 m) a facilité la venue de résidents aisés en particulier de chaque côté de l'Ilaló : moins de vent et meilleure fertilité du sol.

- L'offre de vastes terrains peu accidentés des haciendas ou des petites parcelles du secteur de minifundio, y compris dans les secteurs irrigués, a permis le développement de nouvelles zones résidentielles.

- L'interaction des causes et des effets de la Réforme Agraire a joué en faveur de la demande urbaine sur des terres trop petites pour faire vivre une famille, ou trop grandes et, de ce fait, susceptibles d'être expropriées.

- Enfin, la réserve foncière constitue une source de rente. En fonction des opportunités, des zones sont urbanisées et les lots sont tantôt vendus tantôt conservés afin de profiter des tendances spéculatives. Dans les dix prochaines années, il faudra loger plus de 500 000 habitants ; or, le marché du sol est insuffisamment contrôlé malgré les mesures qui sont prises.

#### 1.2. Les diverses formes de la dynamique

On peut mettre en évidence l'existence de cinq taches urbaines au-delà des limites de la ville de Quito, appuyées sur les axes de liaison avec la capitale. Si ces taches sont loin d'être complètement urbanisées, elles sont également loin d'être occupées de manière homogène en raison de leur taille, leur composition sociale, leur ancienneté, leur composition architecturale et leur dynamisme propre. Dispersées dans l'espace du fait des contraintes géographiques et sociales très fortes, elles renforcent le compartimentage du site qui ressort de l'analyse du bassin de Quito. Leur dynamique diffère : l'axe vers Sangolquí a toujours été le plus attractif et de ce fait le plus anciennement occupé.

- On distingue la périphérie immédiate jouxtant les limites actuelles de la ville et constituée d'authentiques quartiers urbains, séparés les uns des autres par un ravin, une pente boisée ou la ligne de crête du bourrelet oriental. Très récents, ces quartiers pionniers rapidement construits et occupés, se sont installés sur de fortes pentes jusqu'ici non attractives. La densité de l'habitat y est élevée, les parcelles relativement réduites, qu'il s'agisse de lotissements aisés, moyens ou populaires, destinés à la résidence principale. Il s'agit d'une prolongation de la ville différenciée selon les époques de création, l'accessibilité et le statut foncier qui libère des espaces en fonction de la spéculation ou les maintient non urbanisés parce que « protégés » provoquant un mitage de l'espace encore peu densément occupé.

Plusieurs formes urbaines sont faciles à identifier : les quartiers populaires pionniers sur les pentes de part et d'autre de l'avenue Orientale, les quartiers de classes moyennes et aisées dans la vallée du río Machángara ou le long de l'autoroute vers San Antonio, les replats situés de part et d'autre de la route de Tumbaco avec les lotissements luxueux de Miravalle, les petits ensembles de villas planifiés, à proximité du tronçon nord de l'avenue Panaméricaine, soit par le Banco de la Vivienda (Carapungo), soit par des promoteurs privés.

parcelas ocupadas por comunidades campesinas o realizadas por antiguos trabajadores de las haciendas.

El mapa de la *dinámica urbana (1970-1990)* (figura 3) se basa en parte en el registro de lotizaciones y en los anteproyectos inscritos en la Dirección de Planificación del IMQ (octubre de 1990). Los nombres de las lotizaciones no siempre coinciden con los utilizados por el IGM ni con los establecidos durante las encuestas de campo; incluso a veces no existe indicación alguna de lugar, superficie o fecha de creación. Además, no conciernen sino al cantón Quito. Para lograr un mejor enfoque de la realidad del proceso de urbanización, se agregaron las lotizaciones identificadas en el terreno, las mismas que han podido ser creadas antes de 1970 o no haber sido registradas entre 1970 y 1990, por error o por ser ilegales. En cuanto al cantón Rumiñahui, se simplificaron las informaciones del Plan.

## COMENTARIO

### 1. Las dinámicas de la urbanización de la hoyo de Quito

#### 1.1. Los factores de la dinámica, motores del crecimiento de la aglomeración

- El crecimiento demográfico, no sólo de Quito sino también de los campos y de los pueblos, contribuye en gran medida a la dinámica espacial y funcional. Los aportes migratorios — muy importantes desde hace 40 años — que alimentaban a la ciudad y su periferia, continúan pesando en el crecimiento, a pesar de su disminución desde hace algunos años.

- La falta de espacio inmediatamente disponible en la ciudad de Quito, encerrada entre las montañas — salvo en el Sur, la ciudad *intra muros* experimenta un fenómeno de desbordamiento a pesar de las pendientes y de la altitud —, explica que en la ciudad empiecen a faltar los terrenos atractivos para las clases acomodadas, mientras que la circulación automotriz se incrementa. Las empresas industriales y comerciales buscan igualmente espacio para sus fábricas y bodegas.

- Al crecimiento longitudinal de la ciudad, que aleja cada vez más a los ciudadanos de los barrios centrales (servicios, comercios y empleos), se ha sumado un desarrollo lateral por fuera del perímetro urbano, en dirección de la hoyo, que parece ser la única solución para ganar nuevos espacios cercanos a los barrios de negocios.

- El mejoramiento o la creación de vías de circulación — la primera carretera y la autopista hacia Sangolquí desde 1972, la Panamericana, la carretera hacia la Amazonía (Transoceánica), la autopista hacia la Mitad del Mundo — generaron inmediatamente flujos de habitantes socialmente acomodados hacia nuevas zonas en busca de espacios residenciales (San Rafael, Sangolquí...). Cinco vías rápidas unen a Quito con su espacio metropolitano.

- El clima más soleado y más cálido (menor altitud, 2.450 m) ha facilitado la implantación de residentes de elevados recursos en particular a los costados del Ilaló: menos viento y mayor fertilidad del suelo.

- La oferta de vastos terrenos poco accidentados de las haciendas o de las pequeñas parcelas del sector de minifundio, inclusive en los sectores regados, ha permitido el desarrollo de nuevas zonas residenciales.

- La interacción de las causas y los efectos de la Reforma Agraria ha favorecido la demanda urbana de predios demasiado reducidos para permitir vivir a una familia, o muy extensos y, por ello, susceptibles de expropiación.

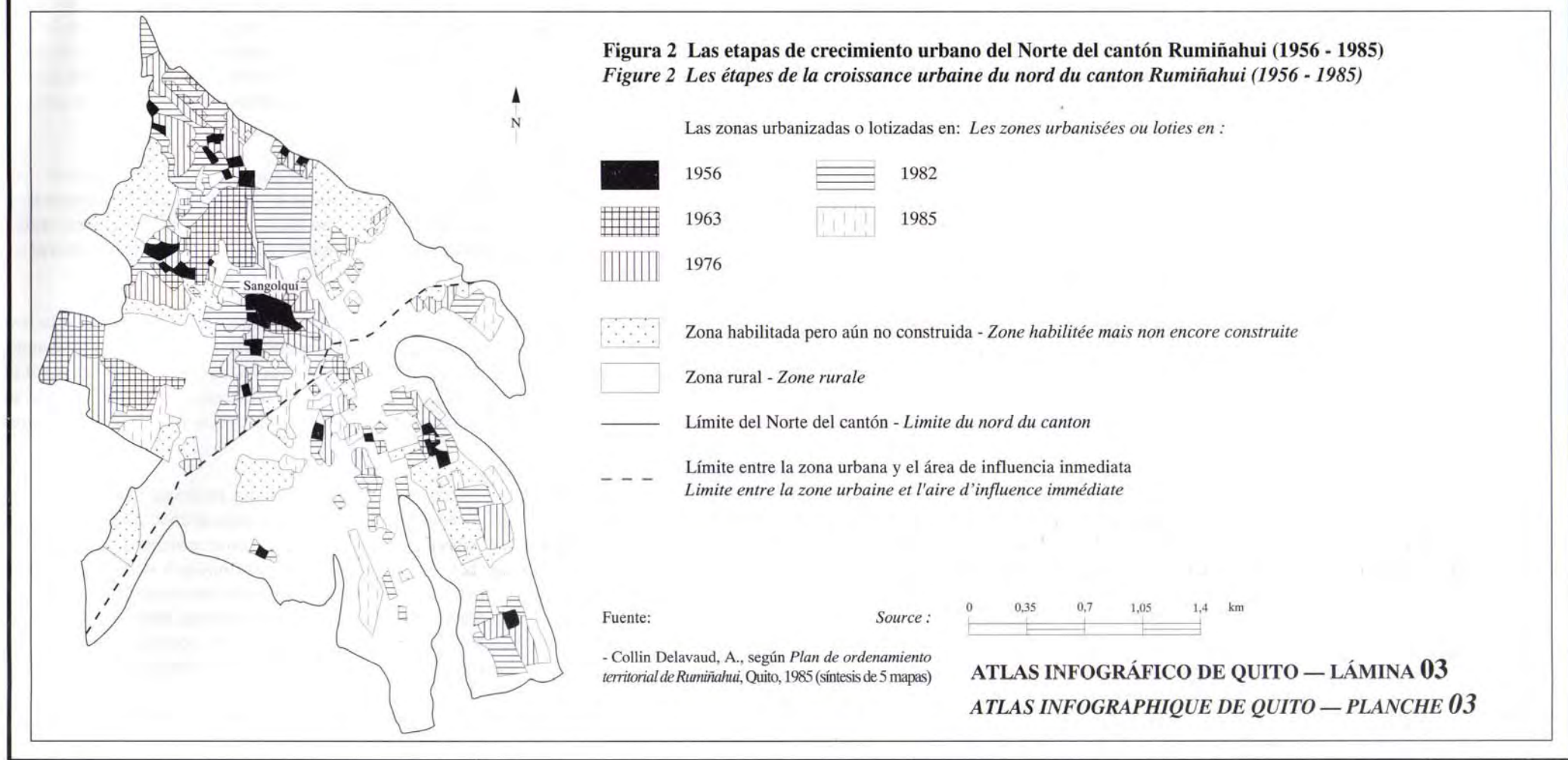
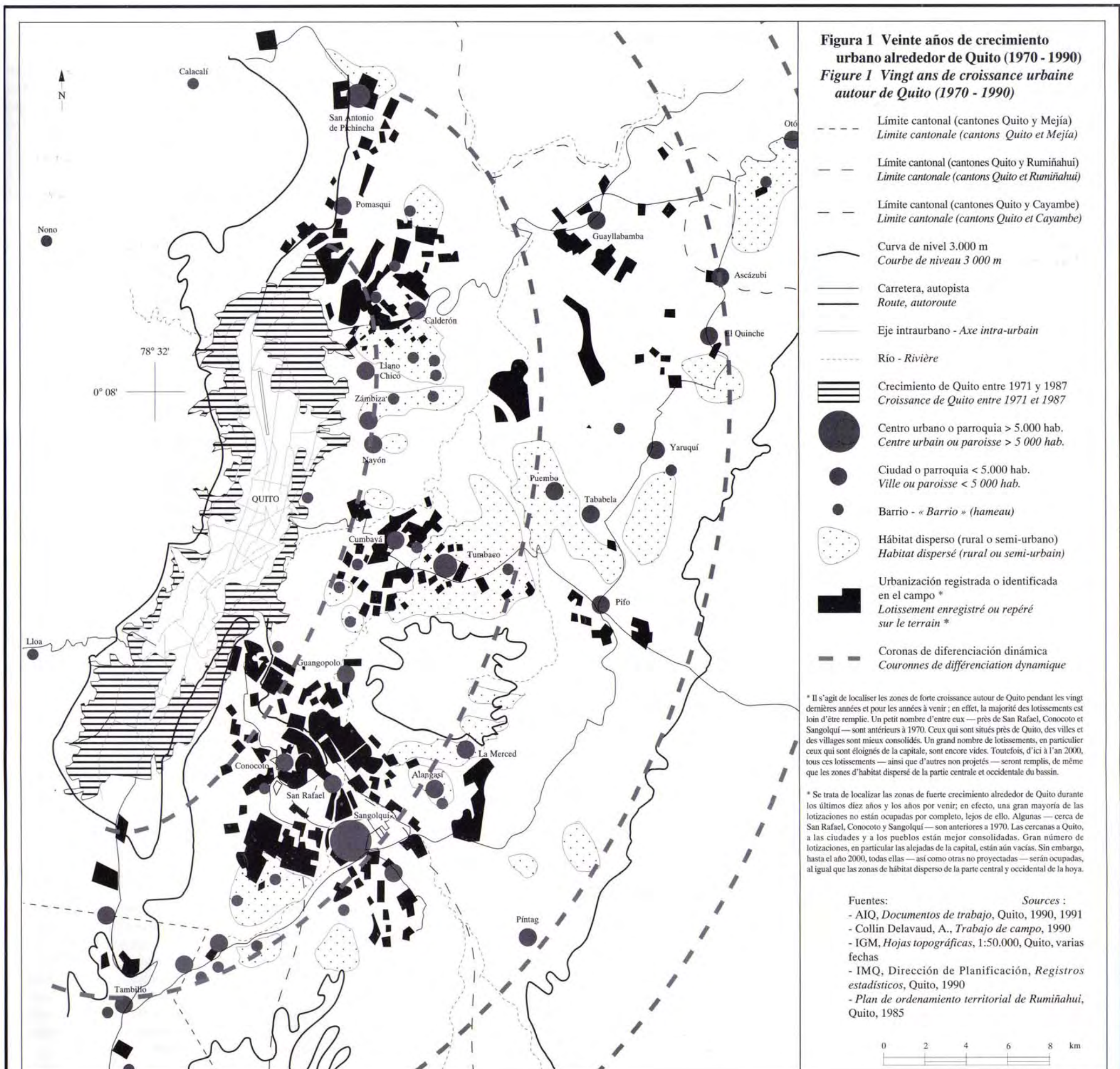
- Finalmente, la tenencia de tierras constituye una fuente de renta. En función de las oportunidades, se urbanizan ciertas zonas y los lotes son ora vendidos ora conservados a fin de aprovechar las tendencias especulativas. En los próximos diez años, habrá que alojar a más de 500.000 habitantes lo que plantea un problema pues, a pesar de las medidas tomadas, no existe un suficiente control del mercado del suelo.

#### 1.2. Las diversas formas de la dinámica

Se puede evidenciar la existencia de cinco manchas urbanas, más allá de los límites de la ciudad de Quito, apoyadas en los ejes de comunicación con la capital. Si bien estas zonas están lejos de estar completamente urbanizadas están, igualmente, distantes de ser ocupadas de manera homogénea en razón de su tamaño, de su composición social, de su antigüedad, de sus características arquitecturales y de su dinamismo propio. Dispersas en el espacio en razón de las marcadas limitaciones geográficas y sociales, ellas refuerzan la división del sitio en compartimientos que se destaca en el análisis de la hoyo de Quito. Su dinámica difiere: el eje hacia Sangolquí ha sido siempre el más atractivo y por ello el más antiguamente ocupado.

- Se distingue la *periferia inmediata* a los límites actuales de la ciudad y constituida por auténticos barrios urbanos, separados unos de otros por una quebrada, una pendiente con bosques o la línea de cresta del borde oriental. Muy recientes, estos barrios pioneros construidos y ocupados rápidamente, se han instalado en fuertes pendientes hasta ahora no atractivas. Allí, la densidad del hábitat es elevada, las parcelas relativamente reducidas, tratándose de lotizaciones ya sea para clases acomodadas, medias o populares, destinadas a la residencia principal. Constituye una prolongación de la ciudad, diferenciada según las épocas de creación, la accesibilidad y el estatus del suelo que libera espacios en función de la especulación o los mantiene sin urbanizar por estar « protegidos », provocando un « apollillado » del espacio aún poco poblado.

Varias formas urbanas son fáciles de identificar: los barrios populares pioneros en las pendientes de ambos lados de la avenida Orientale; los barrios de clases medias y acomodadas en el valle del río Machángara o a lo largo de la carretera hacia San Antonio; los rellanos situados a los costados de la carretera a Tumbaco con las lujosas lotizaciones de Miravalle y los pequeños conjuntos de villas de las proximidades del tramo norte de la Panamericana, planificados ya sea por el Banco de La Vivienda (Carapungo) o por promotores privados.



- Il n'en est pas de même pour les lotissements de la partie basse du bassin, développés à partir des noyaux anciens des villages, de la ville de Sangolquí et même d'anciens hameaux (barrios) de main d'œuvre rurale. Formant une sorte de deuxième couronne, ou plutôt un croissant puisqu'ils n'enserrent la capitale que dans le bassin et aux extrémités de la ville, ils se sont développés bien avant les quartiers pionniers précédemment décrits. En effet, les villages ont connu un processus classique de croissance du noyau central et d'extension spontanée le long de la route tandis que surgissaient tout autour des lotissements. Les surfaces occupées par les lotissements dépassent largement les zones d'habitat contigu des villes et villages auxquels ils sont rattachés.

Ces zones basses ont été dans un premier temps des zones d'attraction pour les résidences secondaires de Quito (lotissements de luxe de San Rafael) ; dans un deuxième temps, elles ont accueilli des résidences principales dans ces mêmes lotissements ou dans des nouveaux. Les zones d'habitat rural dense ont accueilli les migrants de la Sierra ou ceux des taudis du centre ville. Ainsi, à côté des lotissements compacts anciens axés sur la route principale ou les villages, on trouve un paysage composite de lotissements de toute catégorie plus ou moins occupés, au milieu d'espaces ruraux productifs et de zones semi-rurales ou semi-urbaines.

Dans ces dernières, il s'agit de véritables zones de minifundio agricole hérité des structures foncières anciennes reposant sur la grande exploitation (hacienda) avec une partie du domaine divisé en parcelles destinées au métayage. Mais on trouve aussi des terres de comunas également très divisées. La Réforme Agraire (1963 et 1971) a facilité la division des haciendas en petites parcelles pour les ouvriers mais n'a empêché ni la division familiale des parcelles déjà trop exigües ni la spéculation facilitée par la demande urbaine. Dans les zones de petite production, l'habitat rural ne cesse de se densifier avec de plus en plus de maisons d'apparence urbaine tandis que la production agricole (maïs) se réduit peu à peu.

- Au delà (troisième couronne) on retrouve le paysage traditionnel des centres villageois ponctuant des campagnes, à dominante pastorale dans le sud, céréalière ou arboricole dans le nord. Tous ont gonflé leurs effectifs et ont vu s'implanter récemment des résidences secondaires imbriquées tantôt dans un paysage rural dispersé tantôt en des lotissements neufs plaqués de part et d'autre des routes.

- Bien au-delà des espaces montagneux et des vallées encaissées, on retrouve l'influence de Quito dans des villages situés à plus d'une heure de voiture de la capitale et à deux heures d'autobus. Une quatrième couronne se dessine pour atteindre, avec Cayambe, Machachi, les confins septentrionaux et méridionaux de la région de Quito s'étendant donc jusqu'aux limites de la partie orientale de la province du Pichincha marqués par des flux migratoires vers la capitale. Si quelques lotissements destinés aux fins de semaine n'attirent pas encore l'attention par leur faible nombre et leur dissémination dans le paysage, on trouve en revanche ici le phénomène des « villages dortoirs » mais plus encore pour certains, des villages presque vides pendant la semaine en raison de leur éloignement (Malchinguí). La vie rurale ne répond plus à la demande des habitants devenus trop nombreux et contraints à travailler en ville.

## 2. Mutation des espaces périphériques de plus en plus au service de Quito

- Le débordement de Quito sur les pentes du bassin correspond bien à une fonction d'accueil de résidences principales dont les occupants ne peuvent plus se loger dans la capitale par manque de terrains d'un certain standing ou bon marché. À la croissance spatiale des villages et bourgades existantes, il faut ajouter également la densification des hameaux et des zones rurales d'habitat dispersé et d'innombrables lotissements plaqués avec plus ou moins de succès sur une voirie et un parcellaire anciens. Résidences principales et secondaires se mêlent, alors que la ségrégation socio-spatiale répète le classique schéma urbain. Dès la création, les lotissements sont destinés à telle ou telle catégorie sociale en fonction de l'apport plus ou moins assuré des équipements par le promoteur.

- Il est certain que la fonction de loisir se renforce, avec au-delà des petits centres balnéaires traditionnels, l'apparition de nombreux restaurants de toute catégorie et de clubs hôteliers et sportifs fréquentés pendant la fin de semaine et qui complètent les villas de vacances. L'artisanat traditionnel, qui a disparu dans la mouvance urbaine, a laissé place à une multitude d'artisans liés à la construction, à l'entretien des jardins et des constructions et au gardiennage.

- La large zone périurbaine accueille des activités économiques à la recherche de vastes espaces. Ainsi, les entrepôts se sont multipliés le long des sorties de la Panaméricaine s'ajoutant souvent à l'habitat spontané et aux usines. Celles-ci n'hésitent pas à s'installer en pleine campagne — le long de la route Amaguaña-Sangolquí par exemple ; il s'agit généralement d'industries « propres ».

- Des équipements au service de la capitale qui ne pouvaient pas être implantés dans la ville ont été installés à la périphérie (barrages, réservoirs, centrales électriques, terrains militaires...). En outre, il est prévu depuis plus de quinze ans, de construire un nouvel aéroport international au nord-est du bassin. Quant à la voie ferrée qui a fixé de nombreux hameaux, elle a perdu son effet structurant qui ne pourrait être réanimé qu'avec le projet de desserte ferroviaire rapide de l'ensemble du bassin.

- La périphérie a donc bien reçu dans un premier temps le trop plein de la capitale qui répercute un véritable choc démographique et fonctionnel sur un milieu agricole fragile en pleine transformation. Il en résulte des réponses variées : déclin de la production agricole dans les secteurs de minifundio ou intensification de cultures spécialisées et de l'élevage laitier. Tous les secteurs géographiques, y compris ceux qui restent peu difficiles à urbaniser, connaissent une spéculation foncière intense tant dans le minifundio que dans les grandes haciendas ; les périmètres irrigués, construits ou améliorés à grands frais par des investissements publics, ont aussi été touchés.

- La proximité de la capitale (population au niveau de vie élevé consommatrice de productions très diversifiées) et du marché central (grossistes et redistribution dans tout le pays), la

- No sucede lo mismo con las lotizaciones de la parte baja de la hoya, desarrolladas a partir de los antiguos núcleos de los pueblos, de la ciudad de Sangolquí e incluso de antiguas aldeas de mano de obra rural. Formando una suerte de segunda corona, o más bien una media luna, pues no encierran a la capital sino en la hoya y en las extremidades de la ciudad, se desarrollaron mucho antes que los barrios pioneros anteriormente descritos. En efecto, los pueblos han experimentado un proceso tradicional de crecimiento del núcleo central y de extensión espontánea a lo largo de la carretera mientras que surgían lotizaciones a todo su alrededor. Las superficies ocupadas por estas últimas superan ampliamente las zonas de hábitat contiguas a los pueblos y ciudades con las que están relacionadas.

Estas zonas bajas fueron, en primera instancia, sectores atractivos para la implantación de residencias secundarias de los habitantes de Quito (lujosas urbanizaciones de San Rafael); posteriormente, se instalaron en ellas residencias principales ya sea en las mismas lotizaciones o en otras nuevas. Las zonas de hábitat rural denso han acogido a los migrantes de la Sierra o a los de los tugurios del centro de la capital. Así, junto a las antiguas lotizaciones compactas centradas en la carretera principal o en los pueblos, se encuentra un paisaje compuesto de urbanizaciones de toda categoría, más o menos ocupadas, en medio de espacios rurales productivos y de zonas semi-rurales o semi-urbanas.

En estas últimas, se trata de verdaderas zonas de minifundio agrícola heredado de las antiguas estructuras territoriales basadas en la gran explotación (hacienda) con una parte del territorio dividido en parcelas destinadas a la aparcería. Se encuentran también tierras comunales igualmente muy divididas. La Reforma Agraria (1963 y 1971) favoreció la división de las haciendas en pequeñas parcelas para los trabajadores agrícolas, pero no impidió ni la división familiar de las parcelas, ya bastante exiguas, ni la especulación facilitada por la demanda urbana. En las zonas de pequeña producción, el hábitat rural no deja de densificarse, multiplicándose cada vez más las casas de apariencia urbana, mientras que la producción agrícola (maíz) se reduce poco a poco.

- Más allá (tercera corona) se encuentra el paisaje tradicional de los centros poblados dispersos en medio del campo, con dominante de pastos en el Sur, cerealera o arborícola en el Norte. Todos han crecido demográficamente y han visto implantarse, recientemente, residencias secundarias imbricadas ora en un paisaje rural disperso ora en lotizaciones nuevas pegadas a un lado y otro de las carreteras.

- Mucho más allá de los espacios montañosos y de los valles encañonados, se encuentra la influencia de Quito en pueblos situados a más de una hora de la capital en automóvil y a dos horas en bus. Una cuarta corona se dibuja para alcanzar, con Cayambe y Machachi, los confines septentrionales y meridionales de la región de Quito que se extiende, por lo tanto, hasta los límites de la parte oriental de la provincia de Pichincha marcados por flujos migratorios hacia la capital. Si bien algunas lotizaciones destinadas a los fines de semana no atraen aún la atención por su reducido número y su diseminación en el paisaje, se encuentra en cambio el fenómeno de los « pueblos dormitorio », y aun, en algunos casos, de pueblos casi vacíos durante la semana en razón de su alejamiento (Malchinguí). La vida rural ya no responde a las demandas de los habitantes que se han hecho muy numerosos y se ven obligados a trabajar en la ciudad.

## 2. Mutación de los espacios periféricos cada vez más al servicio de Quito

- El desbordamiento de Quito hacia las pendientes de la hoya corresponde a una función de acogida de residencias principales cuyos ocupantes ya no pueden alojarse en la capital por falta de terrenos de un cierto nivel o de bajo costo. Al crecimiento espacial de los pueblos y pequeñas ciudades existentes, se debe agregar, igualmente, la densificación de las aldeas y las zonas rurales de hábitat disperso y de innumerables lotizaciones más o menos atractivas implantadas al borde de vías y en una parcelación antiguas. Se mezclan residencias principales y secundarias mientras que la segregación socio-espacial repite el clásico esquema urbano. Desde su creación, las lotizaciones están destinadas a tal o cual clase social en función del aporte de equipamientos más o menos garantizado por el promotor.

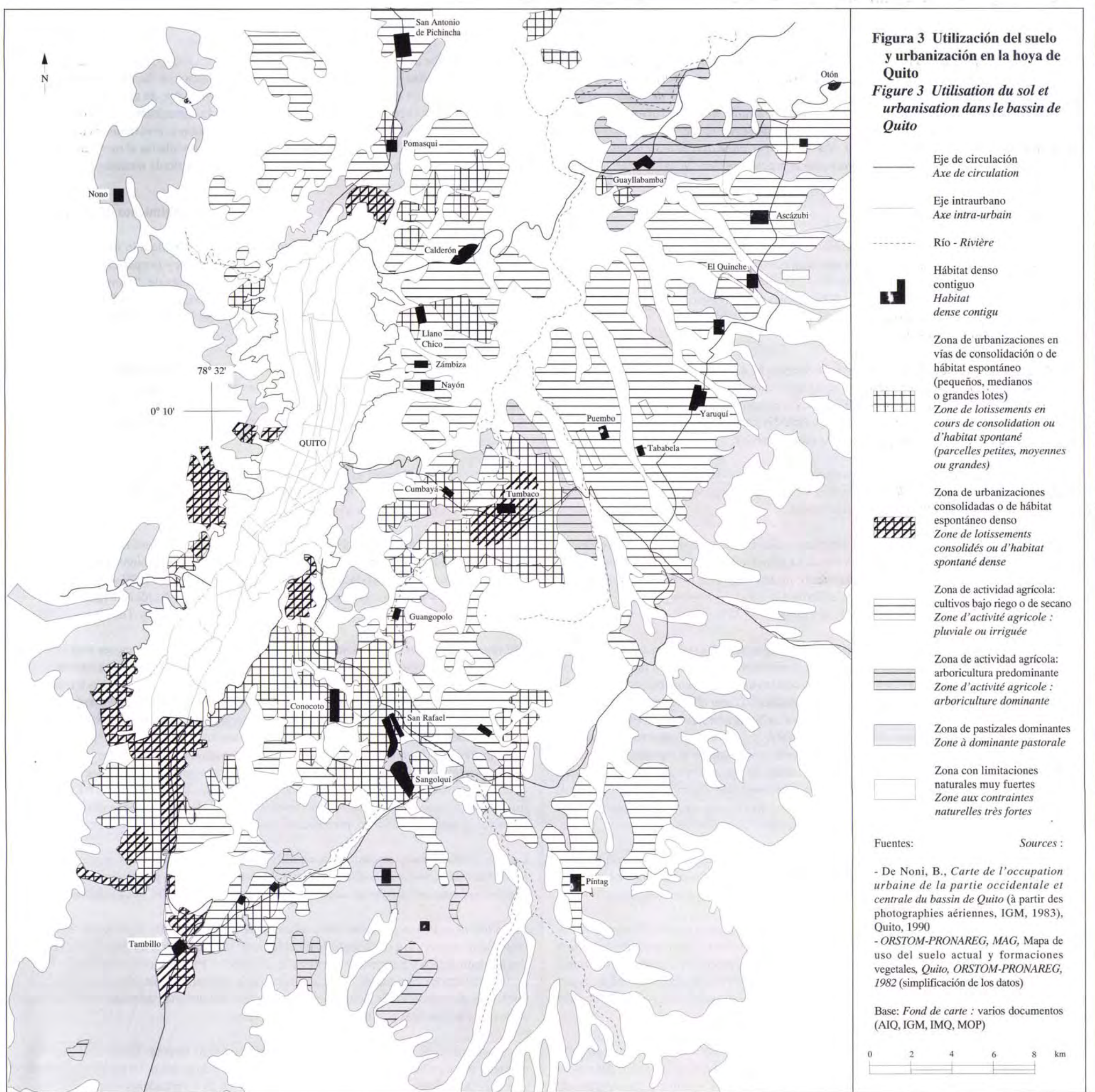
- Con certeza, la función de diversión se refuerza, más allá de los pequeños balnearios tradicionales, con la aparición de numerosos restaurantes de toda categoría y de clubs hoteleros y deportivos frecuentados durante el fin de semana y que complementan a las villas vacacionales. La artesanía tradicional, que ha desaparecido con la dinámica urbana, ha cedido lugar a una multitud de artesanos ligados a la construcción, al mantenimiento de jardines, de edificaciones y a la vigilancia.

- La vasta zona peri-urbana acoge actividades económicas que buscan amplios espacios. Así, se han multiplicado las bodegas a lo largo de las salidas de la Panamericana, sumándose a menudo al hábitat espontáneo y a las fábricas. Estas no vacilan en instalarse en pleno campo — a lo largo de la carretera Amaguaña-Sangolquí por ejemplo — y se trata generalmente de industrias « limpias ».

- Equipamientos al servicio de la capital que no podían ser implantados en la ciudad lo han sido en la periferia (represas, reservorios, centrales eléctricas, terrenos militares...). Además, está previsto, desde hace más de 15 años, construir un nuevo aeropuerto internacional al Noreste de la hoya. En cuanto a la vía férrea, que ha fijado numerosas aldeas, ha perdido su efecto estructurante que no podría ser reanimado sino con el proyecto de servicio ferroviario rápido del conjunto de la hoya.

- Entonces, la periferia ha recibido efectivamente, en primera instancia, el excedente de población de la capital, lo cual provoca un verdadero trastorno demográfico y funcional en un medio agrícola frágil en plena transformación. Varias son las consecuencias de tal situación: declinación de la producción agrícola en los sectores de minifundio o intensificación de cultivos especializados y de la crianza de ganado lechero. Todos los sectores geográficos, incluyendo los que siguen siendo poco urbanizables, experimentan una intensa especulación sobre el suelo, tanto en el minifundio como en las grandes haciendas; los perímetros regados, contruidos o mejorados a un alto costo por el Estado, se han visto igualmente afectados.

- La cercanía a la capital (población de un elevado nivel de vida, consumidora de productos muy variados) y al mercado central (mayoristas y redistribución en todo el país), la Panamericana



**Figura 3 Utilización del suelo y urbanización en la hoya de Quito**

**Figure 3 Utilisation du sol et urbanisation dans le bassin de Quito**

- Eje de circulación  
Axe de circulation
- Eje intraurbano  
Axe intra-urbain
- - - Río - Rivière
- Hábitat denso contiguo  
Habitat dense contigu
- ▨ Zona de urbanizaciones en vías de consolidación o de hábitat espontáneo (pequeños, medianos o grandes lotes)  
Zone de lotissements en cours de consolidation ou d'habitat spontané (parcelles petites, moyennes ou grandes)
- ▩ Zona de urbanizaciones consolidadas o de hábitat espontáneo denso  
Zone de lotissements consolidés ou d'habitat spontané dense
- ▧ Zona de actividad agrícola: cultivos bajo riego o de secano  
Zone d'activité agricole : pluviale ou irriguée
- ▦ Zona de actividad agrícola: arboricultura predominante  
Zone d'activité agricole : arboriculture dominante
- ▥ Zona de pastizales dominantes  
Zone à dominante pastorale
- Zona con limitaciones naturales muy fuertes  
Zone aux contraintes naturelles très fortes

Fuentes: Sources :

- De Noni, B., *Carte de l'occupation urbaine de la partie occidentale et centrale du bassin de Quito* (à partir des photographies aériennes, IGM, 1983), Quito, 1990  
 - ORSTOM-PRONAREG, MAG, *Mapa de uso del suelo actual y formaciones vegetales, Quito, ORSTOM-PRONAREG, 1982* (simplificación de los datos)

Base: *Fond de carte* : varios documentos (AIQ, IGM, IMQ, MOP)



	1950	1962	1974	1982	1990
<b>Provincia de Pichincha - Province du Pichincha</b>					
Total	386 520	587 835	988 306	1 382 125	1 734 942
Urbano - Urbain	225 655	374 308	658 791	973 326	1 274 352
Rural	160 865	213 527	329 515	408 799	460 590
<b>Cantón Quito - Canton Quito</b>				1 116 035	
Total	319 221	510 286	782 671	866 472	1 387 887
Urbano - Urbain	209 932	354 746	599 828	249 563	1 094 318
Rural	109 289	155 540	182 843		293 569
<b>Cantón Cayambe - Canton Cayambe</b>				41 740	
Total	25 244	26 845	34 162	14 249	46 530
Urbano - Urbain	7 409	8 101	11 199	27 491	16 946
Rural	17 835	18 744	22 963		29 584
<b>Cantón Mejía - Canton Mejía</b>				39 016	
Total	18 413	23 384	31 890	6 528	45 452
Urbano - Urbain	2 584	3 951	4 745	32 488	8 783
Rural	15 829	19 433	27 145		36 669
<b>Cantón Pedro Moncayo - Canton Pedro Moncayo</b>				14 732	
Total	12 068	12 454	13 436	1 838	15 187
Urbano - Urbain	2 551	2 009	1 942	12 894	2 662
Rural	9 517	10 445	11 494		12 525
<b>Cantón Rumiñahui - Canton Rumiñahui</b>				32 537	
Total	11 574	14 866	22 932	15 004	48 816
Urbano - Urbain	3 179	5 501	10 554	17 533	37 595
Rural	8 395	9 365	12 378		11 221
<b>Ciudad de Quito - Ville de Quito</b>	209 932	354 746	599 828	866 472	1 094 318

**Evolución de la población de la provincia de Pichincha, de sus cantones y de la ciudad de Quito (1950, 1962, 1974, 1982, 1990)**  
**Évolution de la population de la province du Pichincha, de ses cantons et de la ville de Quito (1950, 1962, 1974, 1982, 1990)**

Fuentes: Sources :

- Ministerio de Economía, Dirección General de Estadística y Censos, *Resumen de los resultados definitivos de las diferentes características investigadas en el censo de población de 1950*, Quito  
 - Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica, División de Estadística y Censos, *Segundo censo de población 1962, resultados definitivos*, Quito  
 - Junta Nacional de Planificación, Oficina de los Censos Nacionales, *Tercer censo de población 1974, resultados definitivos*, Quito  
 - Instituto Nacional de Estadística y Censos, *Cuarto censo de población 1982, resultados definitivos*, Quito  
 - Instituto Nacional de Estadística y Censos, *Quinto censo de población 1990, población del Ecuador por área y sexo, según provincias, cantones y parroquias*, Quito, 1991

*Panaméricaine — qui traversait la ville mais qui, depuis peu, l'évite grâce à une bretelle construite dans le bassin — et la présence de l'aéroport facilitant les exportations, ont suscité la création de secteurs agricoles très spécialisés, à hauts rendements, sur de faibles surfaces, parfois dans des secteurs non utilisables par l'agriculture traditionnelle en raison de l'aridité : élevage de volailles en batterie, champs de fraises et de légumes, serres de fleurs etc. qui assurent une dynamisation de la vie agricole désormais en relation avec le marché international et amènent un autre art de vivre, où l'entrepreneur agricole remplace le cultivateur.*

### 3. L'émergence d'une agglomération

*Les années à venir vont consolider l'urbanisation observée de part et d'autre des axes routiers par remplissage des lotissements encore vides et apparition de nouveaux lotissements dans l'ensemble du bassin — dont la largeur extrême est d'un peu plus de 20 km. Si la ville est amenée à se densifier notamment dans le sud (Turubamba), l'urbanisation non seulement progressera au sein de la proche couronne mais encore atteindra sans doute les noyaux villageois proches de la cordillère Orientale.*

*L'aire d'influence directe de la capitale — de Machachi à Cayambe — regroupe près de 450 000 habitants en 1990. Les paroisses intégrant cette région, encerrée dans le réseau routier régional, connaissent des taux de croissance très variés (de 0,1 % à 5 %) ; cette diversité est due à leur position d'éloignement par rapport à Quito et aux axes principaux ainsi qu'à des migrations quotidiennes ou hebdomadaires considérables.*

*Les paroisses immédiates de l'aire métropolitaine de Quito — dans lesquelles la croissance est la plus forte — abritent 215 000 habitants : 150 000 dans le canton de Quito, 48 000 dans le canton Rumiñahui et 15 000 dans le canton Mejía.*

*Hérité du passé, le réseau de petites villes, sous la domination de la capitale, se transforme de plus en plus rapidement et offre des services et des équipements nouveaux. Alors qu'en 1974 on recensait 17 localités de plus de 5 000 habitants, on en compte en 1990 une trentaine, dont les principales sont : Sangolquí (37 597), Calderón (33 083), Conocoto (19 481), Cumbayá (11 068), San Antonio de Pichincha (10 113) et Tumbaco (7 785).*

*- Le monde rural encore en transition disparaît rapidement dans les secteurs les plus proches tel le « plateau » de Llano Grande. Le projet de construction d'une route de liaison entre Cumbayá et Conocoto facilitera l'achèvement des nombreux lotissements tracés mais encore vides. En ces deux cas, les répercussions sont irréversibles. L'une témoigne de la disparition d'une petite agriculture complémentaire d'une activité urbaine alors que, dans toutes les villes du monde, son utilité est reconnue comme indispensable à la stratégie alimentaire familiale — promotion des jardins potagers urbains ; mais on peut penser que le maraîchage, utilisateur de techniques culturales très modernes, assumera alors la fonction vivrière et de primeurs qu'assument ces jardins. L'autre provoquera inévitablement une pression destructrice de la forêt sur les pentes du bourrelet oriental de la ville et du versant du petit volcan Ilaló qui appartient pourtant à la ceinture boisée dont la protection est réglementée.*

*Cette périphérie repose donc sur des équilibres fragiles que des nouveaux équipements peuvent bouleverser de façon immédiate alors que les tensions et les problèmes ne sont pas réglés : concurrence pour l'usage des sols, pollution des rivières, risques naturels...*

*- Le manque d'articulation entre tous ces espaces est évident ; il sera long à disparaître pour ceux qui habitent à l'écart des axes routiers, dans des lotissements mal intégrés au milieu physique et humain, mais aussi tant que les villes et villages ne seront pas d'authentiques relais aux activités commerciales et de services de la capitale. Il s'agit d'une périphérie où les zones de lotissements occupent aujourd'hui des espaces beaucoup plus vastes que les noyaux urbains et villageois auxquels ils sont rattachés !*

*- La concentration des aires de centralité à Quito impose des flux quotidiens vers la capitale et principalement vers ses zones d'affaires et d'emploi. La périphérie s'urbanise sans pour autant que ces noyaux traditionnels ne deviennent de « vraies » villes à l'exception de Sangolquí et, aux extrémités de la région, de Machachi et Cayambe. Une analyse des emplois permettrait de mettre en évidence des besoins loin d'être satisfaits pour un développement réel.*

*- La constitution d'un District urbain en 1991 souligne bien l'urgence de la gestion, du contrôle et de la meilleure articulation des extensions de Quito. Mais, limité au canton, les zones de croissance du sud et du sud-est échappent à ce District en raison de leur appartenance à d'autres cantons. Il faudrait qu'une entité soit responsable de la gestion de l'ensemble de l'agglomération — comprenant la zone d'influence directe de Quito quel que soit le canton et les nouvelles petites villes (Tumbaco/Cumbayá, Pomasqui, San Antonio, Amaguaña etc.). Encore sous-équipées, ces villes doivent devenir peu à peu des relais de la capitale. Elles constituent déjà l'amorce d'une armature urbaine plus évoluée du bassin de Quito de moins en moins agricole et rural. Il s'agit donc d'une démarche dépassant le cadre des pouvoirs cantonaux, qui permettrait l'approche et la gestion globale d'une véritable aire métropolitaine ou agglomération regroupant à la fois la ville capitale, les villes voisines, les villages et hameaux et les espaces naturels et agricoles. L'ensemble du bassin de Quito, les petits bassins de Cayambe et de Machachi, les versants des cordillères qui se heurtent à des problèmes spécifiques, pourraient être pris en compte dans le cadre de la région de Quito, véritable unité géographique, humaine et économique. Actuellement, cet ensemble évolue rapidement dans un relatif désordre organisationnel ; son avenir et son fonctionnement dépendront des capacités de la nouvelle entité de gestion que se veut être le District urbain à planifier et organiser ce désordre — un projet de loi organisant le District dans ce sens est en cours d'élaboration.*

— que atravesaba la ciudad pero que, desde hace poco, la evita gracias a una carretera de enlace construida en la hoya — así como la presencia del aeropuerto que facilita las exportaciones, han suscitado la creación de *sectores agrícolas muy especializados*, de alto rendimiento, en superficies reducidas, a veces en sectores no utilizables por la agricultura tradicional en razón de la aridez: crianza de aves en serie, campos de fresas y legumbres, invernaderos de flores, etc. que imprimen una dinámica a las actividades agrícolas ahora vinculadas al mercado internacional y traen consigo otra forma de vida, en donde el empresario agrícola reemplaza al agricultor.

### 3. El surgimiento de una aglomeración

Los años venideros van a consolidar la urbanización observada a lo largo de los ejes viales por la construcción en relleno de las lotizaciones aún vacías y la aparición de nuevas urbanizaciones en toda la hoya, cuyo ancho extremo es de algo más de 20 km. Si bien la ciudad se densifica especialmente en el Sur (Turubamba), la urbanización no sólo avanzará en el seno de la corona próxima sino que alcanzará probablemente los núcleos de los pueblos cercanos a la cordillera Oriental.

El área de influencia directa de la capital — de Machachi a Cayambe — abarcaba cerca de 450.000 habitantes en 1990. Las parroquias que integran esa región, encerrada en la red vial regional, experimentan tasas de crecimiento muy variadas (de 0,1 % a 5 %); tal diversidad se debe a su alejamiento de Quito y su posición con relación a los ejes principales así como a migraciones diarias o semanales considerables.

Las parroquias inmediatas al área metropolitana de Quito — que experimentan el mayor crecimiento — albergan 215.000 habitantes: 150.000 en el cantón Quito, 48.000 en el cantón Rumiñahui y 15.000 en el cantón Mejía.

Herencia del pasado, la red de pequeñas ciudades, bajo la dominación de la capital, se transforma cada vez más rápidamente y ofrece servicios y equipamientos nuevos. Mientras en 1974 se registraban 17 localidades de más de 5.000 habitantes, en 1990 se cuentan unas treinta, entre las cuales las principales son: Sangolquí (37.957), Calderón (33.083), Conocoto (19.481), Cumbayá (11.068), San Antonio de Pichincha (10.113) y Tumbaco (7.785).

- El mundo rural aún en transición desaparece rápidamente en los sectores más cercanos tales como la « planicie » de Llano Grande. El proyecto de construcción de una carretera de enlace entre Cumbayá y Conocoto facilitará la conclusión de numerosas lotizaciones trazadas pero aún vacías. En los dos casos, las repercusiones son irreversibles. Una de ellas consiste en la desaparición de una pequeña agricultura complementaria a una actividad urbana mientras que en todas las ciudades del mundo se reconoce su utilidad y su rol primordial en la estrategia alimentaria familiar — promoción de huertas urbanas — aunque se puede pensar que la horticultura que utiliza técnicas de cultivo sumamente modernas, reemplazará a tales huertas en el abastecimiento de frutas y verduras. La segunda consecuencia constituye la inevitable presión destructora del bosque en las pendientes del borde oriental de la ciudad y de la vertiente del pequeño volcán Ilaló que, sin embargo, pertenece al cinturón verde cuya protección está reglamentada.

Esta periferia reposa, entonces, en equilibrios frágiles que nuevos equipamientos pueden trastornar de manera inmediata mientras las tensiones y los problemas no sean resueltos: competencia para el uso de los suelos, contaminación de los ríos, riesgos naturales...

- La falta de articulación entre todos estos espacios es evidente; superar tal carencia llevará largo tiempo en el caso de quienes habitan lejos de los ejes viales, en lotizaciones mal integradas al medio físico y humano, y mientras las ciudades y los pueblos no sean auténticos relevos de las actividades comerciales y de servicios de la capital. Se trata de una periferia en donde las zonas de lotizaciones ocupan ahora espacios mucho más amplios que los núcleos de ciudades y de pueblos con los que están vinculadas!

- La concentración de las áreas de centralidad en Quito impone flujos cotidianos hacia la capital y principalmente hacia sus zonas de negocios y de empleo. La periferia se urbaniza sin que por ello esos núcleos tradicionales se transformen en « verdaderas » ciudades, a excepción de Sangolquí y, en los extremos de la región, de Machachi y Cayambe. Un análisis de los puestos de trabajo permitiría evidenciar necesidades que están lejos de ser satisfechas para lograr un desarrollo real.

- La constitución de un Distrito urbano en 1990 subraya la urgencia de planificar, controlar y articular mejor la expansión de Quito. Pero, al estar tal Distrito limitado al cantón, las zonas de crecimiento del Sur y del Sureste escapan de él en razón de su pertenencia a otros cantones. Sería necesario que una entidad asuma la responsabilidad del manejo del conjunto de la aglomeración — que comprenda la zona de influencia directa de Quito sea cual sea el cantón y las nuevas pequeñas ciudades (Tumbaco/Cumbayá, Pomasqui, San Antonio, Amaguaña, etc.). Aún subequipadas, éstas deben transformarse poco a poco en relevos de la capital. Constituyen ya el inicio de una armazón urbana más evolucionada de la hoya de Quito cada vez menos agrícola y menos rural. Se trata entonces de un enfoque que supera el marco de los poderes cantonales y que permitiría el estudio y el manejo global de una verdadera *área metropolitana o aglomeración* que abarque la vez a la capital, las ciudades vecinas, los pueblos y aldeas y los espacios naturales y agrícolas. El conjunto de la hoya de Quito, las pequeñas cuencas de Cayambe y Machachi, las vertientes de las cordilleras que afrontan problemas específicos, podrían ser tomados en cuenta en el marco de la región de Quito, verdadera unidad geográfica, humana y económica. Actualmente, ese conjunto evoluciona rápidamente dentro de un relativo desorden organizativo; su futuro y su funcionamiento dependerán de la capacidad de la nueva entidad de manejo, que pretende ser el Distrito urbano, para planificar y organizar ese desorden. Se está elaborando un proyecto de ley que organice el Distrito en ese sentido.



## SOURCES ET LIMITES

- AIQ, Carte des pentes et des formations de surface, 1/50 000, Quito, 1990 ;
- IMQ / Fundación Natura / CLIRSEN, Changement de l'usage du sol dans l'Aire Métropolitaine de Quito, 1/25 000, Quito 1989 ;
- INEMIN, Carte géologique, hydrogéologique et isohyètes, 1/50 000, Quito, 1986 ;
- PRONAREG-ORSTOM, Carte des sols, 1/50 000, Quito, 1976 ;
- POURRUT, P., Pluviosidad de Quito y alrededores, 1/200 000, ORSTOM, Quito, 1989.

Nous pouvons distinguer deux types d'information :

1/ l'information statique qui ne nécessite pas de réactualisation ; les cartes géologiques, lithologiques, des sols et hydrogéologiques ont cependant fait l'objet de vérifications de terrain ;

2/ l'information dynamique ; les données utilisables souffrent des variations continues dans le temps, dépendant à un degré plus ou moins conséquent de la variable que nous traitons ; il en est ainsi notamment pour la carte de l'utilisation du sol.

L'information a été regroupée et simplifiée en fonction de la précision et de l'échelle des documents cartographiques que l'on présente ici.

Les cartes topographiques élaborées par l'IGM, statiques, sont conformes à ce qu'on en peut attendre : de bonne qualité et fiables pour établir les fonds de plan de notre cartographie.

Les cartes thématiques établies par les institutions compétentes (citées dans les sources) ont servi de référence pour l'élaboration de la cartographie géotechnique. Cependant, la précision de nos analyses ne leur est pas égale, car ce n'est pas le but de notre réflexion.

Enfin, compte tenu de l'échelle de la carte ici présentée (1/50 000), on ne peut en espérer qu'une précision globale, en sachant que bien des caractéristiques de détail ont été négligées sans que cela nuise à la compréhension de l'étude des aspects de la stabilité géomorphologique que nous désirons exposer.

## PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Il est évident qu'aucune implantation socio-spatiale ne peut négliger les caractéristiques, avantages et contraintes de l'environnement naturel, ne serait-ce que pour en maîtriser les nuisances et en améliorer les qualités. Notamment, une ignorance des réalités géomorphologiques pourrait, indubitablement, nuire à des réalisations d'équipements d'infrastructure telles que la voirie ou l'assainissement, pour ne rien dire des risques que pourrait provoquer l'implantation d'un habitat dense en des terrains instables. C'est pourquoi nous analyserons la stabilité géomorphologique de la région de Quito.

La présentation synthétique de cette stabilité est le résultat des données citées ci-dessus (sources), utilisées avec les restrictions annoncées. On a mis en évidence le facteur anthropique, sachant combien l'action directe de l'homme peut entraîner des modifications irréversibles dans les équilibres naturels, modifications pouvant aller jusqu'à la déstabilisation grave du milieu.

Ainsi, connaissant les conditions biophysiques du milieu, nous avons choisi d'identifier des zones où les versants sont sensibles et instables par suite d'une érosion marquée susceptible de s'étendre progressivement du phénomène observé aux espaces limitrophes.

En outre, nous avons représenté l'usage des sols, à Quito et en sa proche périphérie, afin de bien saisir le rôle protecteur ou destructeur des actions humaines entreprises en ce milieu.

## ÉLABORATION

La méthodologie utilisée se résume en ce que nous pourrions appeler une superposition de variables. À l'échelle choisie et compte tenu des objectifs visés, il est suffisant de ne retenir et de ne représenter sur la carte principale que quatre catégories de stabilité géomorphologique :

1/ les zones stables qui ne posent pas de vrais problèmes d'usage ; les travaux d'aménagement peuvent s'y réaliser sans difficultés majeures et sans coûts excessifs ;

2/ les zones relativement stables où les problèmes morphodynamiques peuvent influencer sur les travaux entrepris, ce qui implique qu'avant la construction de tout ouvrage d'envergure il soit procédé à des études complémentaires qui permettent de dominer les difficultés causées par le relief, la végétation ou d'autres contraintes ; cela aura nécessairement une incidence directe sur les coûts et devra être pris en compte pour toute décision d'aménagement ;

3/ les zones relativement instables où les problèmes morphodynamiques sont primordiaux ; plus encore que pour les zones relativement stables, il faudra procéder, avant toute action d'aménagement, à des études géotechniques de faisabilité ; il est probable que dans la majorité des cas il sera moins coûteux, et plus raisonnable pour des raisons de sécurité, de ne pas entreprendre de grands travaux ; on conseillera de protéger ces zones, si ce n'est déjà le cas, par un reboisement ou une mise en défens ;

4/ les zones instables, qui présentent de nombreux problèmes morphodynamiques et leurs potentialités d'utilisation par les hommes, quelles que soient les implantations projetées, urbaines ou rurales, sont très faibles ; toute action y serait hors de proportion avec les coûts

## FUENTES Y LÍMITES

- AIQ, Mapa de las pendientes y formaciones superficiales, 1:50.000, Quito, 1990;
- IMQ / Fundación Natura / CLIRSEN, Cambios en el uso del suelo en el Área Metropolitana de Quito, escala 1:25.000, Quito, 1989;
- INEMIN, Mapa geológico, hidrogeológico e isoyetas, 1:50.000, Quito, 1986;
- PRONAREG / ORSTOM, Mapa de suelos, 1:50.000, Quito, 1976;
- POURRUT, P., Pluviosidad de Quito y alrededores, 1:200.000, ORSTOM, Quito, 1989.

Se pueden distinguir dos tipos de información:

1/ la información estática que no requiere reactualización; se efectuaron sin embargo verificaciones en el terreno de los mapas geológico, litológico, de suelos e hidrogeológico;

2/ la información dinámica, en cuyo caso los datos utilizables experimentan variaciones continuas en el tiempo, dependiendo en mayor o menor grado de la variable tratada; es el caso en especial del mapa de utilización del suelo.

La información fue reunida y simplificada en función de la precisión y de la escala de los documentos cartográficos aquí presentados.

Los mapas topográficos elaborados por el IGM, estáticos, están acordes con lo que podemos esperar de ellos: de buena calidad y confiables para la elaboración de nuestra cartografía.

Los mapas temáticos establecidos por las instituciones competentes (citadas en las fuentes) han servido de referencia para la elaboración de la cartografía geotécnica, pero no han sido analizados en detalle ya que no es la meta de nuestra reflexión.

Finalmente, dada la escala del mapa aquí presentado (1:50.000), no se puede esperar de él sino una precisión global, sabiendo que no se han tomado en cuenta numerosas características de detalle, sin que ello afecte a la comprensión de los aspectos de la estabilidad geomorfológica que deseamos exponer.

## PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

Es evidente que ninguna implantación socio-espacial puede descuidar las características, ventajas y limitaciones del entorno natural, aunque sólo fuera para controlar sus efectos negativos y mejorar sus cualidades. En especial, una ignorancia de las realidades geomorfológicas podría, sin duda alguna, poner en peligro equipamientos de infraestructura tales como la red vial o la de alcantarillado, sin hablar de los riesgos que implicaría la implantación de un hábitat denso en terrenos inestables. Es por ello que analizaremos aquí la estabilidad geomorfológica de la región de Quito.

La presentación sintética de esta estabilidad es el resultado de los datos citados anteriormente (fuentes), utilizados con las restricciones mencionadas. Se ha puesto en evidencia el factor antrópico, conociendo hasta qué punto la acción directa del hombre puede acarrear modificaciones irreversibles en los equilibrios naturales, las mismas que pueden ir hasta una grave desestabilización del medio.

Así, conociendo las condiciones biofísicas del medio, decidimos identificar zonas en donde las vertientes son sensibles e inestables como consecuencia de una marcada erosión capaz de extenderse progresivamente del fenómeno observado a los espacios circundantes.

Hemos representado además el uso de los suelos en Quito y en su periferia próxima, a fin de captar mejor el papel protector o destructor de la intervención del hombre en ese medio.

## ELABORACIÓN

La metodología utilizada se resume en los que podríamos llamar una superposición de variables. A la escala escogida y dados los objetivos perseguidos, basta con seleccionar y representar en el mapa principal únicamente cuatro categorías de estabilidad geomorfológica:

1/ las zonas estables que no plantean verdaderos problemas de uso, y en donde la realización de obras de acondicionamiento no presenta mayores dificultades ni implica costos excesivos;

2/ las zonas relativamente estables en las que los problemas morfodinámicos pueden incidir en los obras emprendidas, lo que implica que antes de la construcción de toda obra de envergadura, se debe proceder a estudios complementarios que permitan superar los inconvenientes causados por el relieve, la vegetación u otras limitaciones; esto influirá necesaria y directamente en los costos y deberá ser considerado en toda decisión de acondicionamiento;

3/ las zonas relativamente inestables en donde los problemas morfodinámicos son primordiales; con mayor razón que en el caso de las zonas relativamente estables, se deberá proceder, antes de toda acción de acondicionamiento, a estudios geotécnicos de factibilidad; es probable que en la mayoría de casos sea menos costoso, y más razonable por motivos de seguridad, no emprender grandes obras; se aconseja proteger estas zonas, si aún no se lo ha hecho, mediante la reforestación o la prohibición de paso, tala y pastoreo;

4/ las zonas inestables que presentan numerosos problemas morfodinámicos y cuyo potencial de utilización por parte del hombre, independientemente de las implantaciones proyectadas, urbanas o rurales, es sumamente bajo; toda acción en ellas estaría fuera de proporción con los

qu'elle entraînerait ; le seul conseil qu'on puisse émettre alors est de veiller à la conservation des équilibres naturels et du milieu ambiant.

La carte stabilité géomorphologique a l'ambition d'optimiser l'usage de l'espace en fonction des caractéristiques des sols, notamment de leur aptitude naturelle, en se rappelant que les œuvres et les activités humaines mal planifiées perturbent les processus naturels et engendrent des risques de graves déséquilibres.

## COMMENTAIRE

### 1. Géomorphologie (figure 3)

La cordillère des Andes présente des reliefs hétérogènes témoins d'une tectonique complexe. La région de Quito n'y échappe pas : tectonique, volcanisme et érosion s'y conjuguent intensément. Les éléments structuraux tels que les fractures y sont communs et affectent les formations superficielles autant que le substratum ; les dépôts lacustres, colluviaux et alluviaux, les cônes, etc. y sont d'origine volcano-sédimentaire. Nous pouvons y différencier trois ensembles morphologiquement bien marqués.

a/ La zone haute comprend une partie de la cordillère Occidentale et est constituée de roches volcaniques quaternaires, essentiellement des andésites porphyriques dont la couleur va du gris clair au gris foncé et qui sont incrustées de phénocristaux de pyroxène. Il est possible d'y distinguer une phase récente de matériel pyroclastique constitué de brèches volcaniques. Cette zone s'étend sur une largeur de 10 km environ et son altitude fluctue généralement entre 3 000 et 4 800 m.

Elle a donc un très haut relief où les pentes sont très fortes et entaillées par de nombreux ravins qui forment des réseaux de drainage rectangulaires, subparallèles et dendritiques. Les ravins principaux ont une relativement grande capacité de charge ; ils s'orientent grossièrement est-ouest et génèrent des gorges remarquables. L'action érosive est également intense, principalement en saison de fortes précipitations, et provoque des glissements de terrain, des ruptures de talus, une érosion linéaire et régressive modelant en V les fonds de vallées.

b/ Le second ensemble est constitué d'un plateau qui s'étend de Tambillo, au sud, à la vallée du rio Guayllabamba, au nord. Il est limité à l'est par la ligne des horsts orientaux et à l'ouest par les contreforts de la cordillère Occidentale.

Les horsts orientaux sont représentés par une série de blocs dus à des champs de failles orientés nord-sud et s'étendant sur la bordure et sur toute la longueur du site quiteño et de la vallée de Pomasqui.

Transverses à la cordillère Occidentale, existent deux champs de failles secondaires formant des systèmes bien repérables. Le premier crée un horst de direction nord-est qui rompt la continuité du graben dans le secteur compris, sur le site de Quito, entre le Panecillo et l'avenue Orientale. Cette structure secondaire est empruntée par la rivière Machángara vers le nord-est et est cause d'une ouverture de la gouttière quiteña vers la rivière San Pedro. Le second système est dû à une faille transversale qui suit plus ou moins la direction du ravin Chitahuaycu et de la rivière Pusuquí où se sépare la haute plaine de Quito de la vallée de Pomasqui.

Nous pouvons diviser cet ensemble en trois sous-ensembles :

- une zone de piedmont qui correspond aux contreforts orientaux de la cordillère Occidentale et occupe une étroite frange se situant entre 2 800 et 3 000 m ; ces contreforts sont caractérisés, en cette partie, par des dépôts colluviaux, des petits cônes et des talus d'éboulement, et aussi par des cônes de déjection ; le relief est homogène avec des pentes de 5 à 25 pour cent, des sommets arrondis, des versants rectilignes à convexité basale et ponctués de micro-reliefs ;

- une zone basse de 3 à 5 km, qui sert d'assise à la ville de Quito ; elle est formée de dépôts alluviaux et lacustres, de reliefs bas dont les pentes peuvent être de 12 pour cent, sauf sur le Panecillo et l'Itchimbía où elles atteignent des valeurs pouvant aller jusqu'à 60 pour cent ;

- une zone orientale représentée par un escarpement de failles qui, vu de l'est, présente un alignement de facettes trapézoïdales (chaînes de collines) d'un développement de 300 à 400 m.

En général, le relief est homogène, avec de fortes pentes. Sa partie centrale est constituée des collines de Miravalle, Lumbisí et Puengasí, où, étant donnée la nature des roches, la désagrégation est très marquée. On y observe également des glissements de terrain récents, particulièrement dans le ravin El Volcán et dans l'espace qui lui est limitrophe, sans parler de glissements plus anciens. Dans la partie sud, les collines culminent à 3 100 m, avec des pentes pouvant atteindre 70 pour cent. Elles sont arrondies à leur sommet et développent des versants rectilignes à convexité basale. Ce sont des reliefs homogènes griffés d'arrachements caractéristiques.

c/ La zone correspondant à la vallée centrale est limitée à l'occident par un escarpement de failles et à l'est par la cordillère Orientale. Elle occupe une frange comprise entre 18 et 20 km de largeur, et a une altitude moyenne de 2 500 m. Son relief est homogène, les pentes y ont une valeur comprise entre 0 et 15 pour cent, sauf à l'Ilaló où les pentes fortes prédominent. Ce volcan culmine à 3 169 m et sépare la zone en deux vallées distinctes, celle de Tumbaco au nord, celle de Los Chillos au sud. Le réseau de drainage en est très dense ; les principales rivières y forment de profonds cañons.

### 2. Stabilité géomorphologique (carte principale, figures 1 et 2)

Tout changement de l'assise structurale du terrain, qu'il soit d'origine naturelle ou humaine, en altère la morphologie et génère des déséquilibres accélérant les phénomènes morphodynamiques. Sur l'aire étudiée, cette accélération est favorisée par la déforestation. Nous allons

costos que acarrearía; lo único que se puede recomendar en este caso es que se cuide de la conservación de los equilibrios naturales y del medio ambiente.

El mapa *estabilidad geomorfológica* tiene la ambición de optimizar el uso del espacio en función de las características de los suelos, en especial de su aptitud natural, recordando que las obras y las actividades humanas mal planificadas perturban los procesos naturales y engendran riesgos de graves desequilibrios.

## COMENTARIO

### 1. Geomorfología (figura 3)

La cordillera de los Andes presenta relieves heterogéneos testimonio de una tectónica compleja. La región de Quito no escapa a ello: en ella se conjugan intensamente tectónica, volcanismo y erosión. Los elementos estructurales tales como las fracturas son comunes y afectan tanto a las formaciones superficiales como al substrato; los depósitos lacustres, coluviales y aluviales, los conos, etc. son de origen volcano-sedimentario. Podemos diferenciar tres conjuntos bien marcados morfológicamente.

a/ La *zona alta* comprende una parte de la cordillera Occidental y está constituida de rocas volcánicas cuaternarias, esencialmente andesitas porfiríticas cuyo color va del gris claro al gris oscuro y que están incrustadas por fenocristales de piroxeno. Es posible distinguir una fase reciente de material piroclástico constituido de aglomerado volcánico. Esta zona se extiende en un ancho de 10 km aproximadamente y su altitud fluctúa generalmente entre los 3.000 y los 4.800 m.

Tiene por lo tanto un muy alto relieve en donde las pendientes son muy fuertes y están entalladas por numerosas quebradas que forman redes de drenaje rectangulares, subparalelas y dendríticas. Las principales quebradas tienen una capacidad de carga relativamente importante, se orientan *a grosso modo* de Este a Oeste y forman marcados cañones. La acción erosiva es igualmente intensa, principalmente durante la estación de fuertes precipitaciones, y provoca deslizamientos de terreno, rupturas de taludes, una erosión lineal y regresiva que modela a los fondos de los valles en forma de V.

b/ El segundo conjunto está constituido de una *meseta que se extiende de Tambillo, al Sur, al valle del río Guayllabamba, al Norte*, y limitado al Este por la línea de horsts orientales y al Oeste por las estribaciones de la cordillera Occidental.

Los horsts orientales están representados por una serie de bloques originados por fallamientos de orientación Norte-Sur y que se extienden en el borde y a todo lo largo del sitio quiteño y del valle de Pomasqui.

Transversales a la cordillera Occidental, existen dos campos de fallas secundarias que forman dos sistemas fácilmente identificables. El primero crea un horst de dirección Noreste que rompe la continuidad del graben en el sector comprendido, en el sitio de Quito, entre el Panecillo y la avenida Oriental. Esta estructura secundaria es responsable del desvío del río Machángara hacia el Noreste y la causa de una abertura de la alta planicie quiteña hacia el río San Pedro. El segundo sistema se debe a una falla transversal que sigue más o menos la dirección de la quebrada Chitahuaycu y del río Pusuquí en donde se separa la alta llanura de Quito del valle de Pomasqui.

Este conjunto puede ser dividido en tres subconjuntos:

- una *zona de piedemonte* que corresponde a las estribaciones orientales de la cordillera Occidental y ocupa una estrecha franja situada entre los 2.800 y 3.000 m de altitud; esas estribaciones se caracterizan, en esta parte, por depósitos coluviales, pequeños conos y taludes de derrubio así como por conos de deyección; el relieve es homogéneo con pendientes de 5 a 25 por ciento, cimas redondeadas, vertientes convexas y rectilíneas marcadas por micro-relieves;

- una *zona baja* de 3 a 5 km, en la que se asienta la mayor parte la ciudad de Quito; está formada de depósitos aluviales y lacustres, relieves bajos con pendientes de hasta 12 por ciento, salvo en el Panecillo y el Itchimbía en donde alcanzan hasta 60 por ciento;

- una *zona oriental* representada por un escarpe de falla que, visto del Este, presenta una alineación de facetas trapezoidales (cadenas de colinas) con una altura de 300 a 400 m.

En general, el relieve es homogéneo, con pendientes fuertes. Su parte central está constituida por las lomas de Miravalle, Lumbisí y Puengasí, en donde, dada la naturaleza de las rocas, la disgregación es muy marcada. Se observan igualmente recientes deslizamientos de terreno, particularmente en la quebrada El Volcán y sus zonas circundantes, sin hablar de derrumbes más antiguos. En la parte sur, las colinas alcanzan los 3.100 m, con pendientes de hasta 70 por ciento. Son redondeadas en su cima y presentan vertientes rectilíneas y convexas, existiendo un relieve homogéneo con desprendimientos en masa característicos.

c/ La *zona correspondiente al valle central* está limitada al Occidente por un escarpe de fallas y al Este por la cordillera Oriental; ocupa una franja de 18 a 20 km de ancho, y tiene una altitud promedio de 2.500 m. Su relieve es homogéneo, con pendientes comprendidas entre 0 y 15 por ciento, salvo en el Ilaló en donde predominan las pendientes fuertes. Este volcán tiene una altitud de 3.169 m y divide a la zona en dos valles, el de Tumbaco al Norte y el de Los Chillos al Sur. La red de drenaje es muy densa y los principales ríos forman profundos cañones.

### 2. Estabilidad geomorfológica (mapa principal, figuras 1 y 2)

Todo cambio del cimientado estructural del terreno, sea de origen natural o humano, altera su morfología y genera desequilibrios que aceleran los fenómenos morfodinámicos, lo que, en el área estudiada, es favorecido por la deforestación. Consideraremos estos efectos en los



considérer ces effets pour les quatre types de stabilité déterminés lors de la présentation de l'élaboration des documents ici analysés.

**a/ Zone stable**

Elle couvre une superficie de 59 067 ha (27,3 % de l'ensemble de l'Aire Métropolitaine) et est essentiellement localisée dans la partie basse de la cuvette de Quito et dans les vallées de Tumbaco et de Los Chillos.

- caractéristiques morphologiques : reliefs plats, pentes douces, faibles dénivelées, inférieures à 30 m, constituant de petits plateaux, des cuestas ou des vallées ;

- type de sol prédominant : sols composés principalement de matière organique, dont les conditions topographiques tendent à favoriser le développement par la concentration d'humidité qu'elles permettent ;

- usage du sol : agriculture, pâturage, urbanisation ;

- caractéristiques hydrogéologiques : le drainage naturel est peu favorable étant donnée la valeur des pentes, la bonne perméabilité et le faible ruissellement ; on y rencontre des espaces fréquemment détrempés ; cependant, le niveau phréatique y est généralement à plus de 30 m de profondeur ;

- morphodynamique : formes d'origine fluviale ou dues à l'érosion anthropique ;

- aptitude du sol : zones qui ne présentent aucun danger en son état naturel, aptes à supporter tout type d'ouvrage de génie civil ou d'intérêt agricole, bonnes pour toutes les applications de mécanisation ; elles justifient toutes les dépenses d'investissement.

**b/ Zone relativement stable**

Elle recouvre 63 441 ha (29,4 % de l'Aire Métropolitaine) et s'étend sur les pentes orientales du Pichincha, autour du front de failles qui sépare Quito de la vallée, dans la montagne Ilaló et dans les pentes occidentales de la cordillère Real.

- caractéristiques morphologiques : singularisée par une topographie ondulée et parfois par des reliefs collinaires homogènes, avec pentes de 12 à 40 pour cent et dénivelées inférieures à 150 m ;

- type de sol prédominant : cendres volcaniques présentant des textures moyennes, généralement stables ou parfois limoneuses ;

- usage du sol : forêt, agriculture, pâturage, urbanisation ;

- caractéristiques hydrogéologiques : drainage naturel favorable dû à la pente des terrains, à la perméabilité et à un ruissellement moyens ; la zone est constituée de formations superficielles anciennes ; le matériel lithologique est bien consolidé ; on observe la présence de nombreuses fractures ; le niveau phréatique est à plus de 30 m de profondeur ;

- morphodynamique :

- formes dénudées : érosion de surface peu active, zone de drainage dense à l'amont des cours d'eau, dans les têtes de vallon ; des affleurements en certains points, qui révèlent des couches de sols résiduels et de sols intermédiaires durs ;
- formes d'origine fluviale : ruissellement diffus et tranchées de moyenne dimension ; processus d'accumulation tels que cônes de déjection, éboulements de rochers, divers dépôts de piedmont ;

- aptitude du terrain : milieu ne présentant pas de difficultés majeures pour des réalisations diverses de travaux publics ou autres ; mécanisation agricole possible ; faibles risques d'érosion ou d'éboulements ;

- recommandation : favoriser l'écoulement en saison de pluies, lorsque les versants sursaturés d'eau sont particulièrement instables ; éviter les alluvionnements et les inondations.

**c/ Zone relativement instable**

Cette zone couvre 39 113 ha (18,1 % de l'Aire Métropolitaine) qui se distribuent de manière très hétérogène.

- caractéristiques morphologiques : cimes aiguës et fortes pentes (40 à 70 pour cent), versants abrupts et dénivelées comprises entre 150 et 300 m ;

- type de sol prédominant : sols de textures généralement stables ou parfois limoneuses et argileuses à argilo-sableuses se développant sur des projections de cendres volcaniques anciennes, dures et consolidées ;

- usage du sol : forêt, maquis, pâturages et localement agriculture et urbanisation ;

- caractéristiques hydrogéologiques : très bon drainage naturel dû à la pente des terrains, à une perméabilité moyenne à élevée et à un écoulement très marqué ; la plupart des aires de cette zone, quant à leurs caractéristiques lithologiques, ne sont pas aquifères ;

- morphodynamique :

- formes dénudées : érosion éolienne et érosion superficielle provoquée par d'autres agents, glissements de terrain, érosion par gravité ; affleurements rocheux qui révèlent certains phénomènes météoriques ; processus d'accumulation singularisés par des dépôts récents de piedmont ;
- formes d'origine fluviale : érosion différentielle due au ruissellement dans les têtes de vallon ;

- aptitude du terrain : défavorable ; on peut y construire des ouvrages mais à hauts coûts ; la

cuatro tipos de estabilidad determinados al presentar la elaboración de los documentos aquí analizados.

**a/ Zona estable**

Cubre una superficie de 59.067 ha (27,3 % del conjunto del Área Metropolitana) y está esencialmente localizada en la parte baja de la hoya de Quito y en los valles de Tumbaco y Los Chillos.

- características morfológicas: relieves planos, pendientes suaves, desniveles inferiores a 30 m que constituyen pequeñas mesetas, cuestas o valles;

- tipo de suelo predominante: suelos con alto porcentaje de minerales, en donde las condiciones topográficas tienden a favorecer su desarrollo al permitir una alta concentración de humedad;

- uso del suelo: agricultura, pastos, urbanización;

- características hidrogeológicas: el drenaje natural es poco favorable dados el valor de las pendientes, la buena permeabilidad y el reducido escurrimiento; constituyen en algunos casos espacios de encharcamiento; la capa freática se encuentra generalmente a más de 30 m de profundidad;

- morfodinámica: formas de origen fluvial o debidas a la erosión antrópica;

- aptitud del suelo: zonas que no presentan ningún peligro en su estado natural, capaces de soportar todo tipo de obra civil o de interés agrícola, propicias a todas las aplicaciones de mecanización; se justifica todo tipo de inversión.

**b/ Zona relativamente estable**

Abarca 63.441 hectáreas (29,4 % del Área Metropolitana) y se extiende en las pendientes orientales del Pichincha, alrededor del frente de fallas que separa a Quito del valle, en el cerro Ilaló y en las laderas occidentales de la cordillera Real.

- características morfológicas: se singulariza por una topografía ondulada y a veces por relieves colinados homogéneos, con pendientes de 12 a 40 por ciento y desniveles inferiores a 150 m;

- tipo de suelo predominante: cenizas volcánicas, que presentan texturas medias, franco a franco-limosas;

- uso del suelo: bosque, agricultura, pastos, urbanización.

- características hidrogeológicas: drenaje natural favorable debido a la pendiente de los terrenos y a una permeabilidad y un escurrimiento medios; la zona está constituida de formaciones superficiales antiguas; el material litológico está bien consolidado y se observa la presencia de numerosas fracturas; la capa freática está situada a más de 30 m de profundidad.

- morfodinámica:

- formas de origen denudatorio: erosión superficial poco activa, zona de drenaje densa en el inicio de los cursos de agua; algunos afloramientos muestran las capas de suelos residuales y de transición con características consistentes;
- formas de origen fluvial: escurrimiento difuso y cárcavas de mediana dimensión; procesos de acumulación tales como conos de deyección, sitios de caída de rocas, algunos depósitos de piedemonte;

- aptitud del terreno: el medio no presenta mayores dificultades para la realización de las diversas obras civiles; la mecanización agrícola es posible; bajos riesgos de erosión o de derrumbes;

- recomendación: favorecer el escurrimiento durante la estación lluviosa, cuando las vertientes saturadas de agua son particularmente inestables; evitar los aluviones y las inundaciones.

**c/ Zona relativamente inestable**

Esta zona cubre 39.113 hectáreas (18,1 % del Área Metropolitana) distribuidas de manera muy heterogénea.

- características morfológicas: cimas agudas y fuertes pendientes (40 a 70 por ciento), vertientes abruptas y desniveles comprendidos entre los 150 y los 300 m;

- tipo de suelo predominante: suelos de texturas franco a franco-limosas y arcillosas a arcillo-arenosas que se desarrollan sobre proyecciones de cenizas volcánicas antiguas, duras y consolidadas;

- uso del suelo: bosque, matorral, pastos y localmente agricultura y urbanización;

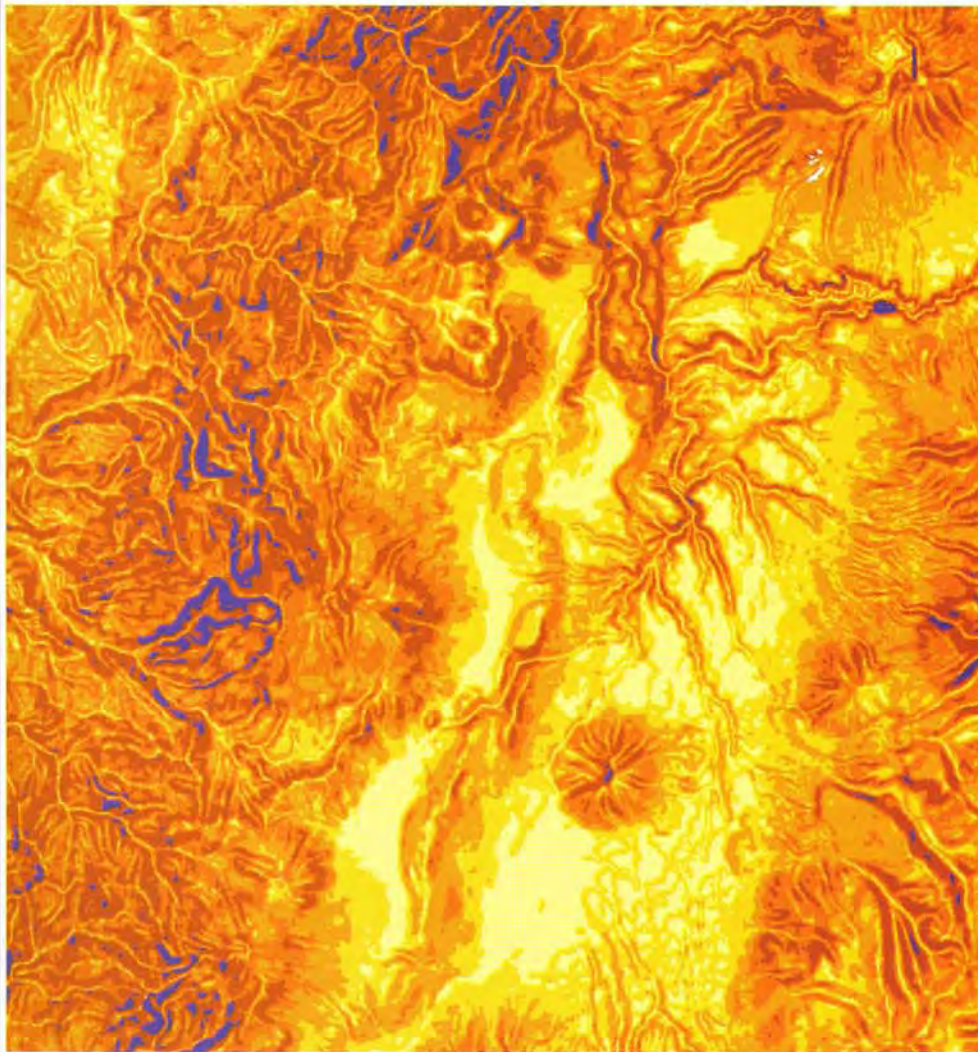
- características hidrogeológicas: muy buen drenaje natural debido a la pendiente de los terrenos, a una permeabilidad mediana a elevada y a un escurrimiento muy marcado; la mayoría de las áreas de esta zona, en cuanto a sus características litológicas, no son acuíferas;

- morfodinámica:

- formas de origen denudatorio: erosión eólica y erosión superficial provocada por otros agentes, deslizamientos de terrenos, erosión por gravedad; afloramientos rocosos que revelan ciertos fenómenos meteóricos; procesos de acumulación: depósitos recientes de piedemonte;
- formas de origen fluvial: erosión hídrica en el inicio de los cursos de agua;

- aptitud del terreno: desfavorable; se pueden construir obras pero a alto costo; la posibilidad

Figura 1 Mapa de pendientes (%)  
Figure 1 Carte des pentes (%)



Fuente: AIQ, Modelos digitales del terreno, Quito, 1991

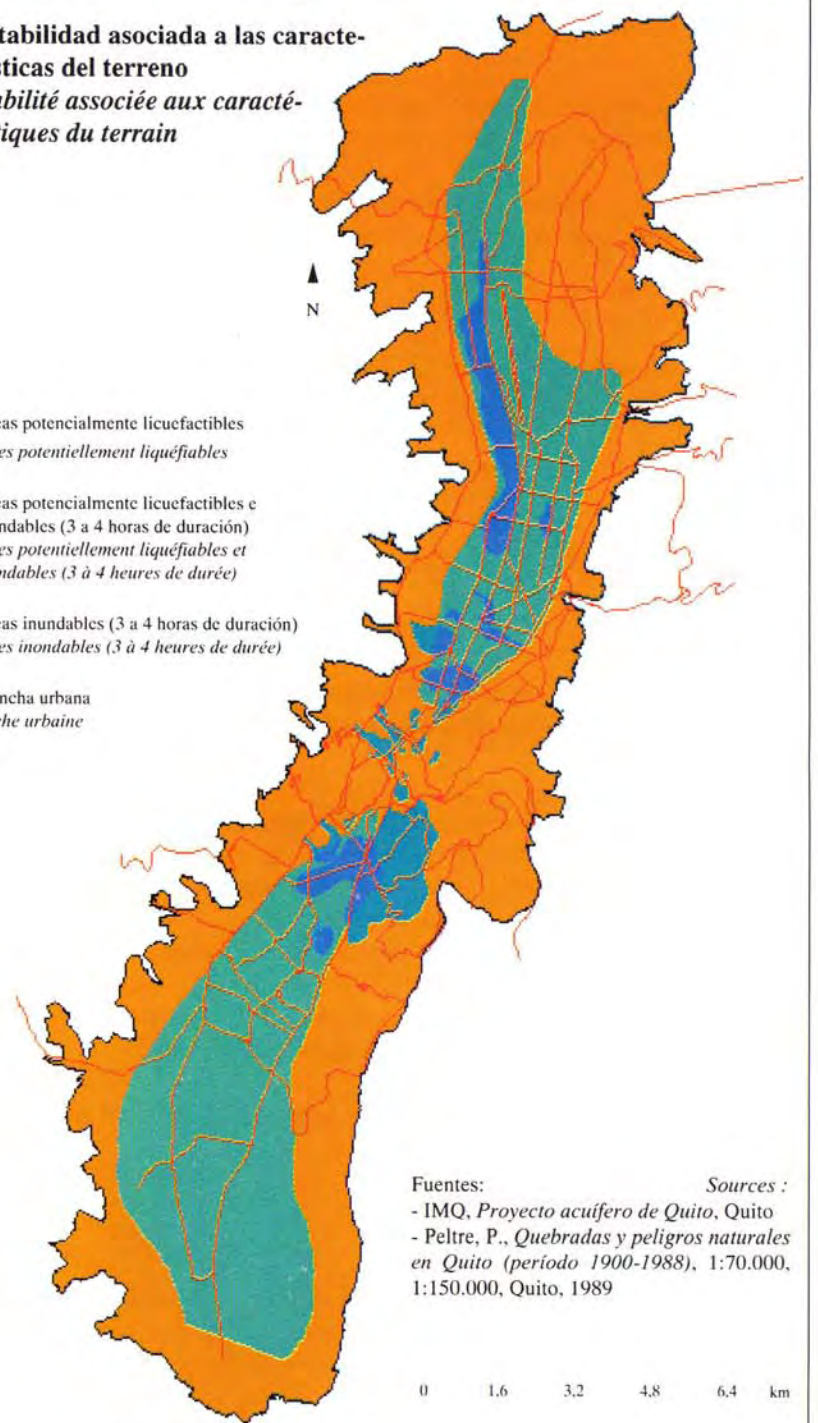
Source :



Figura 2 Estabilidad asociada a las características del terreno  
Figure 2 Stabilité associée aux caractéristiques du terrain



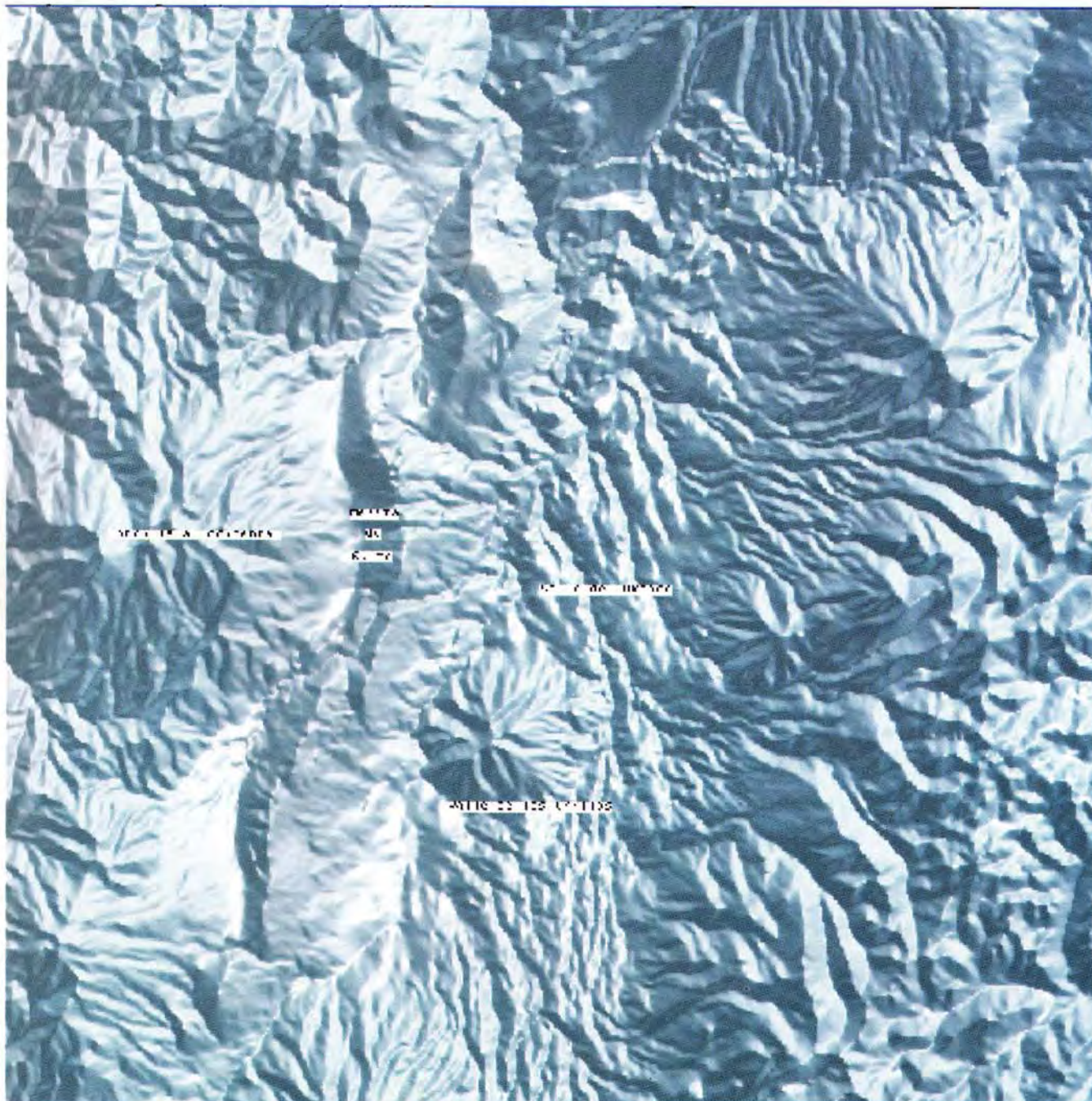
- Áreas potencialmente licuefactibles  
*Aires potentiellement liquéfiables*
- Áreas potencialmente licuefactibles e inundables (3 a 4 horas de duración)  
*Aires potentiellement liquéfiables et inondables (3 à 4 heures de durée)*
- Áreas inundables (3 a 4 horas de duración)  
*Aires inondables (3 à 4 heures de durée)*
- Mancha urbana  
*Tache urbaine*



Fuentes: Sources :  
- IMQ, Proyecto acuífero de Quito, Quito  
- Peltre, P., Quebradas y peligros naturales en Quito (período 1900-1988), 1:70.000, 1:150.000, Quito, 1989



Figura 3 Morfología del AMQ - Figure 3 Morphologie de l'AMQ



Cordillera Occidental de los Andes (zona 1)  
*Cordillère Occidentale andine (zone 1)*

Meseta de Quito (zona 2)  
*Plateau de Quito (zone 2)*

Valle central: Tumbaco y Los Chillos (zona 3)  
*Vallée centrale : Tumbaco et Los Chillos (zone 3)*

Fuente: Souris, M., Modelos digitales del terreno, Quito, 1991

Source :



possibilité de mécanisation agricole y est limitée ; néanmoins, il s'agit de sols très bons pour les cultures manuelles de cycle court ; toute forme d'investissement y est à hauts risques ;

- recommandation : reboisement conseillé pour la conservation des sols, construction de terrasses et murs de soutènement lors de travaux d'ingénierie bienvenus.

**d/ Zone instable**

Elle occupe une surface de 54 523 ha (25,2 % de l'Aire Métropolitaine) et se situe en certains points du Pichincha et du Pululahua ; on y rencontre des cañons et des ravins.

- caractéristiques morphologiques : collines élevées, escarpements, cañons, ravins et affleurements rocheux, pentes supérieures à 70 pour cent ;

- type de sol prédominant : sols superficiels et pierreux, érodés ;

- usage du sol : végétation arbustive et pajonal (pelouse andine) ;

- caractéristiques hydrogéologiques : par suite des fortes pentes, drainage excellent ; présence de terrains aquifères et niveaux phréatiques indéterminés ;

- morphodynamique :

- formes dénudées : escarpements dus à l'érosion, éboulements, effondrements causés par une reprise de l'érosion dans les tunnels de ravins comblés et toute sorte de glissement ; processus d'accumulation : talus d'effondrement et lieux d'accumulation récente (colluviaux), glissements au niveau du sol résiduel ;
- formes d'origine fluviale : érosion régressive, fossés et ravinements ;

- aptitude du terrain : très défavorable autant pour l'agriculture que pour les constructions ; terrains dangereux associés à une activité déstabilisatrice ;

- recommandation : interdire la déforestation ; renforcer la nécessité conservatrice de la forêt protectrice.

**3. Couverture végétale (figura 4)**

L'action protectrice de la couverture végétale dépend de sa nature ; c'est pourquoi on peut distinguer divers niveaux de protection du sol, selon les types de végétation.

La végétation arborée constitue la protection du sol la plus efficace autant par le rôle d'amortisseur que joue la cime des arbres en freinant l'énergie cinétique des gouttes d'eau au moment des pluies, que par la profondeur des racines qui maintiennent la stabilité du sol.

Les arbustes agissent de manière similaire à ce que font les prairies, surtout si on veut bien considérer que leur forte densité contribue à freiner le ruissellement de surface.

Par ailleurs, on pourrait considérer que les cultures appartiennent à un même groupe, quoique que leurs comportements diffèrent. Il est suffisant de les regrouper, car leur caractéristique commune est généralement d'assurer une faible protection du sol comparée à celle qu'assurent les forêts, les arbustes, les pâturages et le pajonal. En outre, elles requièrent de se développer sur des sols riches, entretenus et pour cela protégés, malgré leur fragilité devant l'érosion.

Le type de couverture du terrain peut se voir clairement sur la carte concernée.

**4. Climatologie (figure 5)**

Le régime climatique intervient par certains de ses effets, tels que la dessiccation du sol due à une évaporation d'autant plus intense que la fréquence des pluies s'espace, ce qui facilite une déflation nuisible à la cohérence du sol. Cependant, d'un autre côté, la formation des croûtes, phénomène à relier au climat, diminue l'érosion. La quantité et la répartition des pluies qui tombent sur les divers secteurs sont également un facteur essentiel, dont dépendent la qualité et la densité de la couverture végétale protectrice. Ainsi, une précipitation de 25 mm en 10 minutes est dévastatrice, quoique le pouvoir de rétention d'un terrain perméable puisse en diminuer les effets. Mais alors, une fois ce sol saturé, les ravinements s'intensifient.

L'Aire Métropolitaine de Quito correspond à une zone de climat équatorial tempéré par l'altitude ; les variations diurnes / nocturnes, et dans la journée selon les heures, en sont très significatives.

Les gorges du Guayllabamba agissent comme un régulateur régional ; par elles, les masses d'air chaud et humide se déplacent du littoral aux hautes plaines. L'air s'élève progressivement à mesure que le sol s'échauffe, ce qui donne lieu à des courants de convection générateurs de condensations et de précipitations. Ce phénomène est fréquent en saison de pluies, d'octobre à mai. L'humidité relative varie très peu, autour de 76 %, et la pression atmosphérique est de 548 millibars en moyenne.

Ce sont les masses d'air venant de l'Atlantique et de l'Amazonie qui déterminent le cycle des précipitations. Celles-ci sont fréquentes de février à avril et en octobre-novembre. Il faut y ajouter l'arrivée de précipitations exceptionnelles qui provoquent des actions torrentielles.

La plus grande pluviométrie s'enregistre d'octobre à mai, avec des maxima en avril ; juin, juillet et août sont des mois secs, juillet étant le plus sec. Septembre apparaît généralement comme un mois de transition.

Les courbes d'isohyètes indiquent clairement une diminution des précipitations du sud au nord (de plus de 1 300 mm à moins de 400 mm) et des pentes les plus élevées du Pichincha vers les pentes les plus basses (plus de 1 700 mm à moins de 900 mm). Les pluies sont généralement

de mécanisation agricole es muy limitada; se trata sin embargo de suelos muy aptos para cultivos de ciclo corto. Todo tipo de inversión presenta altos riesgos;

- recomendación: se aconseja la reforestación para la conservación de los suelos; es conveniente la construcción de terrazas y muros de contención para las obras de ingeniería civil.

**d/ Zona inestable**

Ocupa una superficie de 54.523 hectáreas (25,2 % del Área Metropolitana) y se sitúa en ciertos puntos del Pichincha y del Pululahua; se encuentran en ella cañones y quebradas.

- características morfológicas: colinas elevadas, escarpes, encañonamientos, quebradas y afloramientos rocosos, con pendientes superiores al 70 por ciento;

- tipo de suelo predominante: suelos superficiales y pedregosos, erosionados;

- uso del suelo: vegetación arbustiva y pajonal;

- características hidrogeológicas: debido a las fuertes pendientes, el drenaje es excelente; presencia de terrenos acuíferos y capas freáticas indeterminadas;

- morfodinámica:

- formas de origen denudatorio: escarpes debidos a la erosión, derrumbes, hundimientos causados por erosión interna en los entubamientos de quebradas rellenadas, y todo tipo de deslizamientos; procesos de acumulación: taludes de derrubio y sitios de acumulación reciente (coluviales), deslizamientos a nivel del suelo residual;
- formas de origen fluvial: erosión regresiva, cárcavas y barrancos;

- aptitud del terreno: muy desfavorable tanto para la agricultura como para las construcciones; terrenos peligrosos asociados a una actividad desestabilizadora;

- recomendación: prohibir la deforestación, reforzar la necesidad del bosque protector para la conservación de los suelos.

**3. Cobertura vegetal (figura 4)**

La acción protectora de la cobertura vegetal depende de su naturaleza, por lo que se pueden distinguir diversos niveles de protección del suelo, según los tipos de vegetación.

La vegetación arbórea constituye la protección del suelo más eficaz tanto por el papel amortiguador que juega la cima de los árboles al frenar la energía cinética de las gotas de lluvia, como por la profundidad de las raíces que mantienen la estabilidad del suelo.

Los arbustos actúan de manera similar a los pastos, sobre todo si se considera que su fuerte densidad contribuye a frenar el escurrimiento superficial.

Por otra parte, aunque sus comportamientos son diferentes, se podría considerar a los cultivos como pertenecientes a un solo grupo, pues su característica común consiste en que generalmente la protección que aportan al suelo es mucho menor que la que brindan los bosques, arbustos, pastos y pajonales. Además, requieren desarrollarse en suelos ricos, mantenidos y por ello protegidos, a pesar de su fragilidad frente a la erosión.

El tipo de cobertura del terreno puede verse claramente en el mapa correspondiente.

**4. Climatología (figura 5)**

El régimen climático interviene a través de algunos de sus elementos: la desecación del suelo ligada a la evaporación que a su vez depende de los intervalos entre las lluvias, facilita la deflación que afecta a la coherencia del suelo. Sin embargo, por otro lado, la formación de costras, fenómeno relacionado con el clima, disminuye la erosión. La cantidad y la repartición de las lluvias que caen en los diversos sectores son igualmente un factor esencial, del que dependen la calidad y la densidad de la cobertura vegetal protectora. Así, una precipitación de 25 mm en 10 minutos es desastrosa, aunque el poder de retención de un terreno permeable pueda atenuar sus efectos, pero una vez el suelo saturado, la arroyada se intensifica.

El Área Metropolitana de Quito corresponde a una zona de clima ecuatorial templado debido a la altitud, en la que las variaciones de temperatura diurna / nocturna, y durante el día según las horas, son muy significativas.

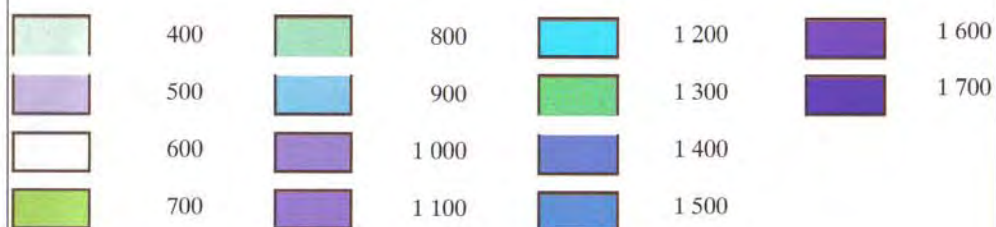
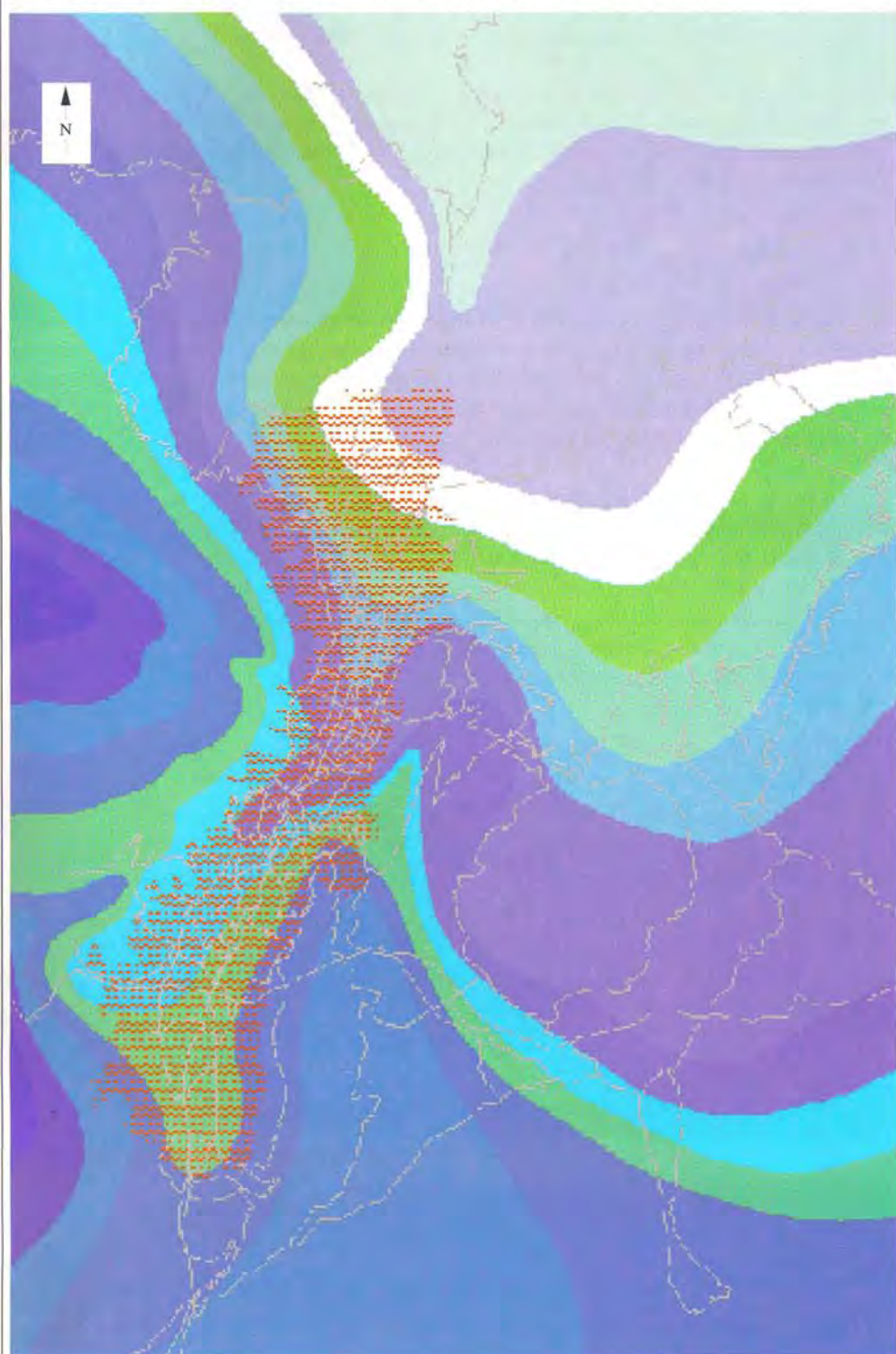
El cañón del Guayllabamba actúa como un regulador del clima regional. Por él se desplazan las masas de aire caliente y húmedo del litoral al altiplano. Con el calentamiento de la superficie, el aire se eleva paulatinamente dando lugar a sistemas convectivos generadores de condensación y precipitaciones. Este fenómeno es frecuente durante la estación lluviosa, de octubre a mayo. La humedad relativa varía muy poco, alrededor del 76 %, y la presión atmosférica es de 548 milibares en promedio.

Son las masas de aire provenientes del Atlántico y de la Amazonía las que determinan el ciclo de las precipitaciones. Estas son frecuentes de febrero a abril y en octubre-noviembre. Hay que agregar a ello la ocurrencia de precipitaciones excepcionales que provocan fenómenos torrentiales.

La mayor pluviometría se registra de octubre a mayo, con valores máximos en abril; junio, julio y agosto son meses secos, siendo julio el más seco. Septiembre se revela generalmente como un mes de transición.

Las curvas de isoyetas indican claramente una disminución de las precipitaciones de Sur a Norte (de más de 1.300 mm a menos de 400 mm) y de las pendientes más elevadas del Pichincha hacia las más bajas (más de 1.700 mm a menos de 900 mm). Las lluvias son generalmente de fuerte

Figura 4 Isoyetas medias anuales del Área Metropolitana de Quito (mm)  
 Figure 4 Isohyètes moyens annuels de l'Aire Métropolitaine de Quito (mm)

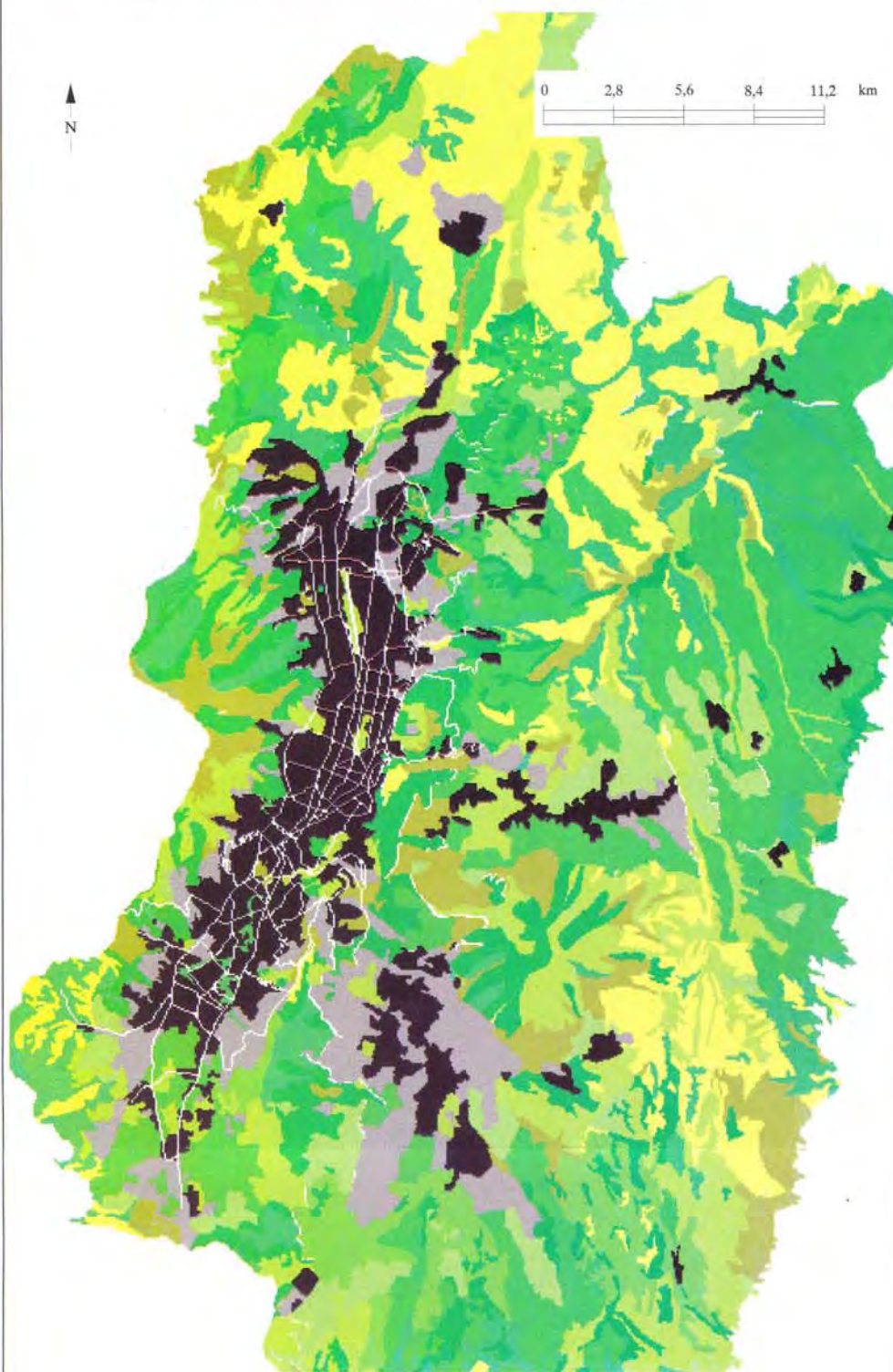


Mancha urbana, IMQ, 1991 - Tache urbaine, IMQ, 1991

Calles y ejes principales - Rues et axes principaux

Fuentes: Sources :  
 - INEMIN, *Geología e hidrogeología*, 1:50.000, Quito, 1986  
 - Pourrut, P., *Pluviosidad de Quito y alrededores*, 1:200.000, Quito, 1989

Figura 5 Cobertura del suelo del Área Metropolitana de Quito  
 Figure 5 Couverture du sol de l'Aire Métropolitaine de Quito



- Suelos construidos - Sols bâtis
- Suelos en proceso de urbanización - Sols en voie d'urbanisation
- Tierras agrícolas et hábitat - Terres agricoles et habitat
- Tierras agrícolas - Terres agricoles
- Tierras agrícolas y pastizales - Terres agricoles et pâturages
- Pastizales - Pâturages
- Bosques - Espaces boisés
- Vegetación arbustiva baja - Végétation arbustive basse
- Asociación hierba y bosques - Association herbe et bois
- Suelos erosionados - Sols érodés
- Cuerpos de agua - Surfaces en eau

Fuente: Source :  
 CLIRSEN; Fundación Natura; IMQ, *Cambios en el uso del suelo del AMQ*, 1:25.000, Quito, 1989

*de forte intensité et de moyenne durée. Le gradient nord-sud est d'environ 21 mm par km, le maximum étant de 43 mm par heure, calculé sur une période de 30 minutes.*

*L'orographie affecte nettement les rythmes et la répartition des pluies sur l'Aire Métropolitaine, en accentuant les courants thermiques de convection et la direction des vents ; c'est pourquoi les contrastes sont si marqués entre les différents secteurs de la région quiteña.*

*Le cadre montagneux et complexe agit sur les températures comme en témoignent le gradient thermique et l'expansion adiabatique diurne. Dans l'Aire Métropolitaine de Quito, on a des moyennes de 6 à 8 °C sur les pentes du Pichincha, de 10 à 14 °C dans les espaces urbanisés et de 12 à 16 °C dans les vallées.*

##### **5. Érosion anthropique**

*L'action de l'homme perturbe des processus érosifs autant par la déforestation des pentes fortes que par l'envahissement incontrôlé de l'espace par les constructions, notamment sans qu'il soit tenu compte des terres aisément mobilisables à vocation forestière. Ainsi se rompent des équilibres naturels sol / eau / végétation. Ce problème est particulièrement aigu sur les pentes orientales du Pichincha.*

*De la même manière, l'obturation du chenal d'évacuation des ravins provoque la formation de retenues potentielles et entraîne des dysfonctionnements dans le réseau naturel de drainage ou dans le réseau d'assainissement bouchés et incapables dès lors d'évacuer les crues torrentielles. Il en résulte deux types d'accident : des inondations et des coulées de boue qui sont particulièrement néfastes pour les espaces urbanisés. En outre, les implantations de voirie génèrent des talus de très forte pente où se produisent des glissements de terrain d'importance différente selon qu'ils sont naturels, induits ou d'origine sismique.*

intensidad y de mediana duración. El gradiente Norte-Sur es de alrededor de 21 mm por km, siendo el máximo de 43 mm por hora, calculado en un período de 30 minutos.

La orografía afecta claramente a los ritmos y a la repartición de las lluvias en el Área Metropolitana, acentuando las corrientes térmicas de convección y la dirección de los vientos, por lo que los contrastes son tan marcados entre los diferentes sectores de la región quiteña.

El marco montañoso y complejo incide en las temperaturas, como lo muestran el gradiente térmico y la expansión adiabática diurna. En el Área Metropolitana de Quito, se registran promedios de 6 a 8 °C en las pendientes del Pichincha, de 10 a 14 °C en los espacios urbanizados y de 12 a 16 °C en los valles.

##### **5. Erosión antrópica**

La acción del hombre incide en los procesos erosivos tanto por la deforestación de las pendientes fuertes como por la invasión incontrolada del espacio por parte de las construcciones, sin tener en cuenta las tierras frágiles de vocación forestal. De esa manera, se rompe el equilibrio natural suelo / agua / vegetación. Este problema es particularmente agudo en las pendientes orientales del Pichincha.

Asimismo, la obturación del canal de evacuación de las quebradas provoca la formación de embalses potenciales, y acarrea disfuncionamientos en la red natural de drenaje o en la red de saneamiento, taponadas e incapaces por lo tanto de evacuar las crecidas de los torrentes. De ello resultan dos tipos de accidente, inundaciones y aluviones que son particularmente nefastos para los espacios urbanizados. Además, la construcción de vías genera taludes de pendiente muy fuerte en donde se producen deslizamientos de terrenos de diferente magnitud según sean naturales, inducidos o de origen sísmico.



## SOURCES Y LÍMITES

- AIQ, Cartes des aires de drainage, pentes, réseau naturel et actuel de drainage, « Ravins et risques naturels à Quito, période 1900-1988 », 1/50 000, Quito, 1990 ;
- Escuela Politécnica Nacional, Cartes des dangers volcaniques associés aux volcans Guagua Pichincha, Cotopaxi et Pululahua, 1/50 000, Quito, 1988 ;
- IMQ / Fundación Natura / CLIRSEN, Changement de l'usage du sol dans l'Aire Métropolitaine de Quito, 1/25 000, Quito, 1989.

*Pour une ville comme Quito, le volcanisme peut être un facteur de risques du fait de l'émission de produits magmatiques directement générés par les volcans (cendres, lapillis, nuées ardentes, etc.) ou de la production de phénomènes induits par le volcanisme, comme les coulées boueuses (lahars).*

*Le danger potentiel d'un volcan est évalué à partir de différents types d'études : d'abord des recherches géologiques les plus complètes possibles — étude de la nature et de la répartition spatiale des principaux produits émis au cours des éruptions, datation des roches volcaniques dans le but d'établir la périodicité des phénomènes éruptifs ; il est aussi nécessaire de connaître les caractéristiques morphologiques, pédologiques et hydrologiques du volcan concerné afin de repérer les zones potentiellement les plus exposées aux lahars ; des informations climatologiques seront nécessaires pour modéliser la répartition des retombées de cendres ; enfin, l'analyse historique des accidents éruptifs sera un complément indispensable des données purement physiques pour une étude complète de la récurrence des phénomènes éruptifs de tel ou tel volcan et pour la détermination des zones potentiellement soumises au risque.*

*C'est dans ces limites que notre approche se situe.*

## PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

*L'existence d'un volcanisme actif est l'une des caractéristiques importantes de la chaîne des Andes ; des catastrophes naturelles liées au volcanisme se sont produites avant et pendant la période historique. Les dernières en date sont encore dans toutes les mémoires par les pertes en vies humaines et les dégâts qu'elles ont provoqués : volcan Chinchón au Mexique en 1982, Nevado del Ruiz en Colombie en 1985. En Équateur, de nombreux volcans situés près de zones habitées sont entrés en éruption pendant les derniers cinq cents ans (Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Reventador, Antisana, etc.). C'est à une éruption du volcan Pululahua que les historiens et les archéologues attribuent la disparition brutale d'une civilisation préincaïque sise dans la région de Cotacollao.*

*La gestion d'une ville soumise au risque volcanique doit prendre en compte l'étude géologique et historique des volcans qui la menacent afin d'établir une politique de prévention. La présence dans les environs de Quito de volcans potentiellement dangereux justifie de considérer le phénomène volcanique comme un élément important de l'approche physico-géographique de l'Aire Métropolitaine de Quito (AMQ). D'ailleurs, l'histoire mentionne des éruptions des volcans Cotopaxi, Guagua Pichincha et Pululahua ayant affecté par leurs produits la région quiteña.*

## ÉLABORATION

*L'UNESCO définit le danger volcanique comme la probabilité qu'une zone soit affectée par un événement éruptif pendant un intervalle de temps. Suivant ce critère, nous avons réalisé une synthèse estimative des sources bibliographiques mentionnées plus haut. À partir des cartes de danger volcanique établies par les vulcanologues, des zones à différents niveaux de danger ont été délimitées.*

*Un paramètre important à prendre en compte est la topographie du terrain par rapport à l'avancée et au dépôt des produits volcaniques. Le réseau hydrographique radial des pentes des volcans est reçu par le réseau principal qui est concentrique aux appareils volcaniques. Celui-ci, perpendiculaire au réseau radial, constitue une barrière aux produits (laves, lahars) qui pourraient être canalisés par ce dernier.*

*Les projections aériennes grossières produites par les explosions (bombes, lapillis, blocs) ne présentent un danger que dans les alentours immédiats des bouches d'émission. Le matériel fin (cendres), dont la répartition des retombées est contrôlée par les vents dominants, formerait, pour la région de Quito, un affleurement grossièrement elliptique allongé vers l'ouest. L'épaisseur prévue de la couche de cendres serait de 25 cm dans les zones les plus affectées ; elle n'aurait que 5 cm dans les zones les moins touchées par le phénomène, cela bien entendu si les éruptions à venir ne diffèrent pas profondément de celles connues ou repérées du passé.*

*La répartition des coulées boueuses (lahars) provoquées par les éventuelles éruptions volcaniques a aussi été étudiée. Il s'agit probablement du risque le plus important auquel est soumis l'AMQ. En ce qui concerne le Pichincha, qui ne présente pas de calotte glaciaire en sa partie sommitale, le risque de lahar proviendrait de la déstabilisation par les pluies d'éventuelles accumulations de cendres qui pourrait provoquer des coulées boueuses sur le flanc oriental du volcan, au pied duquel se trouve la ville de Quito ; ces lahars pénétreraient dans le tissu urbain et s'y déposeraient. Les lahars émanant du Cotopaxi, qui comporte une calotte glaciaire importante, représentent un danger potentiel plus grand, en particulier pour les localités de la vallée de Los Chillos à l'est de Quito ; l'histoire récente de ce volcan (éruption de 1877) permet de modéliser les zones soumises aux dangers induits par les lahars. L'élaboration de la carte des risques de lahars a tenu compte du fait que ces phénomènes sont étroitement liés au réseau naturel de drainage, aux dimensions des bassins de réception, à la pente et à la couverture végétale ; l'histoire des accidents climatiques a aussi été prise en compte.*

## FUENTES Y LÍMITES

- AIQ, *Mapas de áreas de drenaje, pendientes, red natural y actual de drenaje, « Quebradas y riesgos naturales en Quito, período 1900-1988 »*, escala 1:50.000, Quito, 1990;
- Escuela Politécnica Nacional, *Mapas de peligros volcánicos asociados a los volcanes Guagua Pichincha, Cotopaxi y Pululahua*, escala 1:50.000, Quito, 1988;
- IMQ / Fundación Natura / CLIRSEN, *Mapa de cambios en el uso del suelo en el Área Metropolitana de Quito*, escala 1:25.000, Quito, 1989.

Para una ciudad como Quito, el volcanismo puede ser un factor de riesgo debido a la emisión de productos magmáticos generados directamente por los volcanes (cenizas, lapillis, nubes ardientes, etc.) o a la ocurrencia de fenómenos inducidos por el volcanismo tales como los flujos de lodo o lahars.

El peligro potencial de un volcán es evaluado en base a diferentes tipos de estudios: primeramente, investigaciones geológicas lo más completas posibles — estudio de la naturaleza y de la repartición espacial de los principales productos emitidos durante las erupciones, datación de las rocas volcánicas con el objeto de establecer la periodicidad de los fenómenos eruptivos; es necesario igualmente conocer las características morfológicas, edafológicas e hidrogeológicas del volcán en cuestión a fin de identificar las zonas que potencialmente están más expuestas a los lahars; se requerirán informaciones climatológicas para modelizar la repartición de las caídas de cenizas; finalmente, el análisis histórico de los accidentes eruptivos será un complemento indispensable de los datos puramente físicos para un estudio completo de la recurrencia de fenómenos eruptivos de tal o cual volcán y para la determinación de las zonas potencialmente sometidas al riesgo.

Es dentro de estos límites que se sitúa nuestro enfoque.

## PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

La existencia de un volcanismo activo es una de las características importantes de la cordillera de los Andes; catástrofes naturales ligadas al volcanismo se han producido antes del período histórico y durante el mismo. Las últimas permanecen aún en la memoria debido a las pérdidas en vidas humanas y los daños que provocaron: volcán Chinchón en México en 1982, nevado del Ruiz en Colombia en 1985. En el Ecuador, numerosos volcanes situados cerca de zonas habitadas han erupcionado durante los últimos quinientos años (Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Reventador, Antisana, etc.). Los historiadores y arqueólogos atribuyen a una erupción del volcán Pululahua la desaparición brutal de una civilización preincaica situada en la región de Cotacollao.

La gestión de una ciudad sometida al riesgo volcánico debe tener en cuenta el estudio geológico e histórico de los volcanes que la amenazan, a fin de establecer una política de prevención. La presencia, en los alrededores de Quito, de volcanes potencialmente peligrosos justifica el considerar al fenómeno volcánico como un elemento importante del estudio físico-geográfico del Área Metropolitana de Quito (AMQ). Por cierto, la historia menciona erupciones de los volcanes Cotopaxi, Guagua Pichincha y Pululahua que, con sus productos, han afectado a la región quiteña.

## ELABORACIÓN

La UNESCO define el peligro volcánico como la probabilidad de que una zona sea afectada por un evento eruptivo durante un intervalo de tiempo. Según ese criterio, realizamos una síntesis estimativa de las fuentes bibliográficas mencionadas anteriormente. A partir de los mapas de peligro volcánico elaborados por los vulcanólogos, se delimitaron zonas de diferentes niveles de peligro.

Un parámetro importante a tenerse en cuenta es la topografía del terreno con relación al avance o al depósito de productos volcánicos. La red hidrográfica radial de las pendientes es recibida por la red principal, concéntrica con relación a los aparatos volcánicos. Esta, perpendicular a la red radial, constituye una barrera ante los productos (lavas, lahars) que podrían ser canalizados por esta última.

Las proyecciones aéreas gruesas producidas por las explosiones (bombas, lapillis, bloques) no representan un peligro para los alrededores inmediatos de las bocas de emisión. El material fino (cenizas), cuya repartición al caer es controlada por los vientos dominantes, formaría, en el caso de región de Quito, un afloramiento más o menos elíptico alargado hacia el Oeste. El espesor previsto de la capa de cenizas sería de 25 cm en las zonas más afectadas y no alcanzaría sino 5 cm en las zonas menos afectadas, ello por supuesto si las erupciones por venir no difieren considerablemente de las conocidas o identificadas en el pasado.

Se estudió igualmente la repartición de los flujos de lodo (lahars) provocados por las eventuales erupciones volcánicas. Se trata probablemente del riesgo más importante al que está sometida el AMQ. En lo que respecta al Pichincha, que no presenta casquete de nieve en su cima, el riesgo de lahar provendría de la desestabilización por acción de las lluvias de eventuales acumulaciones de cenizas que podría provocar flujos de lodo en el flanco oriental del volcán, al pie del cual se encuentra la ciudad de Quito; esos lahars penetrarían en el tejido urbano y se depositarían en él. Los que emanarían del Cotopaxi, que tiene un casquete de nieve importante, representan un mayor peligro potencial, en particular para las localidades del valle de los Chillos al Este de Quito; la historia reciente de ese volcán (erupción de 1877) permite modelizar las zonas sometidas a los peligros inducidos por los lahars. Para la elaboración del mapa de los riesgos de lahars se tomó en cuenta el hecho de que tales fenómenos están estrechamente ligados a la red de drenaje, a las dimensiones de las cuencas de recepción, a la pendiente y a la cobertura vegetal; se consideró igualmente la historia de los accidentes climáticos.

Ces travaux ne peuvent pas se traduire par des cartes de risque volcanique car ni le coût des propriétés ni le nombre de vies humaines qui pourraient être affectées ne sont évalués. Les documents présentés ici sont seulement des cartes de danger potentiel qui mettent en évidence des zones qui pourraient être affectées par des éruptions des trois volcans proches de Quito. Ces cartes indiquent, par exemple, qu'il convient d'éviter tout type d'installation humaine dans les zones suivantes :

- les cônes volcaniques actuels ;
- les zones proches des rivières et des ravins susceptibles de canaliser les lahars et les flux de boue secondaires ;
- les cônes de déjection.

## COMMENTAIRE

L'Équateur continental est divisé en trois régions bien définies géographiquement, déterminées par leurs caractéristiques géologiques. L'une d'elles, le couloir interandin, est limitée par deux cordillères principales : la Royale et l'Occidentale.

### 1. Caractéristiques des volcans

Sur le couloir interandin et entourée de volcans potentiellement dangereux qui l'affecteraient partiellement ou totalement de leurs produits, s'étend l'AMQ (figure 1).

**1.1. Le volcan Cotopaxi** (figure 2), strato-volcan au cône symétrique et jeune, a construit sa structure sur les restes d'un édifice antérieur et également sur des dépôts provenant d'une activité très explosive. Ses flancs sont constitués d'innombrables couches inclinées où prédominent les bombes volcaniques, les lapillis et la cendre. Sur les côtés nord et ouest, on peut observer de jeunes coulées de lave qui descendent jusqu'à environ 4 000 m. Au-dessus de 4 800 m, le volcan est couvert d'un glacier qui masque la géologie volcanique. L'érosion glaciaire et le ruissellement y ont creusé de nombreux ravins. Dispersés en ses parties inférieures, se rencontrent de vastes manteaux de matériaux laissés par les lahars des éruptions passées.

Il culmine dans la partie nord de la lèvre de son cratère sommital qui mesure 800 m du nord au sud et 600 m d'est en ouest. Au fond de ce cratère, se développe un cône pyroclastique aplati, recouvert de glace, qui contient un cratère plus jeune et plus petit aux parois presque verticales, d'un diamètre de 250 m et d'une profondeur de 122 m. On y observe des fumerolles importantes, notamment du côté ouest.

Le Cotopaxi est un des volcans les plus actifs de l'Équateur. Ses dernières éruptions se sont caractérisées par la formation de grandes colonnes de nuées et par la retombée de cendres sur une très large étendue, et aussi parfois par des nuées ardentes, des coulées de lave et plus fréquemment par des lahars. Dans le passé, toute activité a eu comme origine le cratère du sommet.

**1.2. Le volcan Guagua Pichincha** (figure 3) est un jeune strato-volcan issu des flancs ouest du volcan Rucu Pichincha dont la croissance s'est apparemment achevée par une puissante éruption ayant créé par effondrement une première caldera remaniée par l'érosion. De celle-ci ne subsiste que la partie est de forme semi-circulaire, la partie ouest ayant été totalement érodée ; son diamètre était d'environ 3,5 km.

Plus tard, un nouveau cône s'est élevé au fond de cette première caldera, formant pour la deuxième fois un grand strato-volcan qui, détruit à nouveau, a créé la caldera actuelle. Le bord de celle-ci, en forme de fer à cheval, se découpe en une série de pics et s'ouvre vers l'ouest ; perçant son plancher, un petit dôme de 400 m de diamètre génère d'importantes fumerolles. On en rencontre également au pied de la paroi sud.

Son histoire permet d'affirmer que l'activité de ce volcan tend à être très explosive avec éjection de grandes quantités de cendre et formation de nuées ardentes. Ce volcan représente donc un danger potentiel pour les zones proches, quoique la topographie détournerait ces phénomènes vers des zones non peuplées (à l'exception de Lloa). Quito en serait vraisemblablement protégée. Cependant, la retombée de cendre et la présence de coulées de boue provenant des versants est du Pichincha sont une possibilité réelle qui aurait de graves conséquences pour la ville.

**1.3. Le volcan Pululahua** (figure 4) a une caldera de 5 km de diamètre, en forme de fer à cheval ouvert vers l'ouest. Un groupe de dômes volcaniques s'élèvent du fond de la caldera, à des centaines de mètres. D'autres collines, situées à l'intérieur de la caldera et à est de celle-ci, semblent des rémanences d'autres dômes volcaniques.

L'ancien Pululahua a construit son cône sur des roches de la formation Yunguilla qui affleurent dans les parois méridionales de la caldera. Sur le flanc extérieur sud-est de celle-ci s'étendent de vastes manteaux de matériaux pyroclastiques, sur lesquels est installée la population de San Antonio de Pichincha. Au Sud, se trouvent les restes d'un volcan voisin, connus sous le nom de « cerros de Calacalí ».

Selon certains auteurs, le Pululahua serait éteint. Cependant, la dernière éruption date de 2 300 ans à peine ; on doit donc le considérer comme actif et susceptible d'éruptions futures.

### 2. Phénomènes attendus

Les volcans Cotopaxi, Guagua Pichincha y Pululahua ont généré, au cours de leur histoire éruptive, des événements caractéristiques. Sur cette base, sont décrits ci-après les phénomènes attendus.

#### 2.1. Coulées de lave et dômes

Les coulées de lave, masses de roches en fusion, peuvent former des dômes ou s'écouler sur les flancs vers la base des cônes volcaniques, en empruntant vallées et ravins. Leur portée dépend, entre autres, de leur viscosité, de leur contenu en gaz et de la topographie. Elles avancent en général lentement en ravageant tout sur leur passage (recouvrement de la surface, destruction des structures et ouvrages civils, incendie des formations végétales, fonte des calottes glaciaires provoquant des lahars, etc.).

Este trabajo no puede traducirse en mapas de riesgo volcánico, pues no se han evaluado ni el número de vidas humanas ni el costo de las propiedades que podrían verse afectadas. Los documentos presentados son sólo mapas de peligro potencial que ponen en evidencia zonas que podrían ser afectadas por erupciones de los tres volcanes cercanos a Quito. Indican, por ejemplo, que conviene evitar todo tipo de asentamiento humano en las siguientes zonas:

- las correspondientes a los actuales conos volcánicos;
- las próximas a las orillas de los ríos y quebradas capaces de canalizar los lahares y flujos de lodo secundarios;
- las zonas correspondientes a conos de deyección.

## COMENTARIO

El Ecuador continental se halla dividido en tres regiones geográficamente bien definidas, determinadas por sus características geológicas. Una de ellas, el callejón interandino, está limitado por dos cordilleras principales: la Real y la Occidental.

### 1. Características de los volcanes

El AMQ se asienta en el callejón interandino y está rodeada de volcanes potencialmente peligrosos que la afectarían, parcial o totalmente, con sus productos (figura 1).

**1.1. El volcán Cotopaxi** (figura 2), estrato-volcán de cono simétrico y joven, construyó su estructura sobre los restos de un edificio anterior e igualmente sobre depósitos procedentes de una actividad muy explosiva. Sus flancos están constituidos por un sinnúmero de capas inclinadas en donde predominan las bombas volcánicas, los lapillís y la ceniza. En los lados norte y oeste, se pueden observar jóvenes coladas de lava que descienden aproximadamente hasta los 4.000 m. Por encima de los 4.800 m, el volcán está cubierto por un glaciar que oculta la geología volcánica. La erosión glaciaria y el escurrimiento han cavado en él numerosas quebradas. Dispersos en sus partes inferiores, se encuentran vastos mantos de materiales dejados por los lahares de erupciones pasadas.

Corona en la parte norte del borde del cráter de su cumbre, que mide 800 m de Norte a Sur y 600 m de Este a Oeste. El punto más alto del volcán se halla en la parte norte de ese borde. Al fondo de dicho cráter, se desarrolla un cono piroclástico casi plano, cubierto de hielo, dentro del cual se encuentra un cráter más joven y más pequeño de paredes casi verticales, un diámetro de 250 m y una profundidad de 122 m. En él se observa gran actividad fumarólica, especialmente al Occidente.

El Cotopaxi es uno de los volcanes más activos del Ecuador. Sus últimas erupciones se caracterizaron por la formación de grandes columnas y nubes y por la caída de cenizas sobre extensas zonas, y a veces también por nubes ardientes, coladas de lava y frecuentes lahars. En el pasado, toda actividad se ha originado en el cráter de la cumbre.

**1.2. El volcán Guagua Pichincha** (figura 3) es un joven estrato-volcán que se formó sobrepasando los flancos occidentales del volcán Rucu Pichincha cuyo crecimiento terminó aparentemente con una potente erupción que creó, por colapso, la primera caldera remodelada por la erosión. De esta no subsiste sino la parte oriental de forma semicircular, habiendo sido la parte occidental totalmente erosionada; su diámetro era de 3,5 km aproximadamente.

Posteriormente, creció un nuevo cono en el fondo de la primera caldera y por segunda vez se formó un gran estrato-volcán que, al destruirse nuevamente, creó la caldera actual. El borde de esta, en forma de herradura, está marcado por una serie de picos y se abre hacia el Oeste; un pequeño domo de 400 m de diámetro, ubicado en su piso, origina mucha actividad fumarólica. Existen otros domos al pie de la pared sur.

En base a su historia, se puede afirmar que la actividad del volcán tiende a ser muy explosiva con la eyección de gran cantidad de ceniza y formación de nubes ardientes. Este volcán presenta entonces un peligro potencial para las zonas cercanas a él, aunque la topografía desviaría los fenómenos hacia zonas despobladas (excepto Lloa). Probablemente Quito estaría protegida. Sin embargo, la caída de ceniza y la presencia de flujos de lodo provenientes de las laderas orientales del Pichincha constituyen una posibilidad real que tendría graves consecuencias para la ciudad.

**1.3. El volcán Pululahua** tiene una caldera de 5 km de diámetro, en forma de herradura abierta hacia el Oeste. Desde el fondo de la caldera se elevan a centenares de metros un grupo de domos volcánicos. Otros cerros, dentro de la caldera y al Este de la misma, parecen ser remanentes de otros domos volcánicos.

El Pululahua viejo construyó su cono sobre rocas de la formación Yunguilla que afloran en las paredes meridionales de la caldera. Sobre el flanco exterior suroriental de esta, se extienden extensos mantos de materiales piroclásticos, en donde se asienta la población de San Antonio de Pichincha. Al Sur, se localizan los restos de un volcán vecino, conocidos como los cerros de Calacalí.

Según ciertos autores, el Pululahua estaría apagado. Sin embargo, la última erupción data de hace apenas 2.300 años, por lo que se lo debe considerar activo con probabilidad de erupciones futuras.

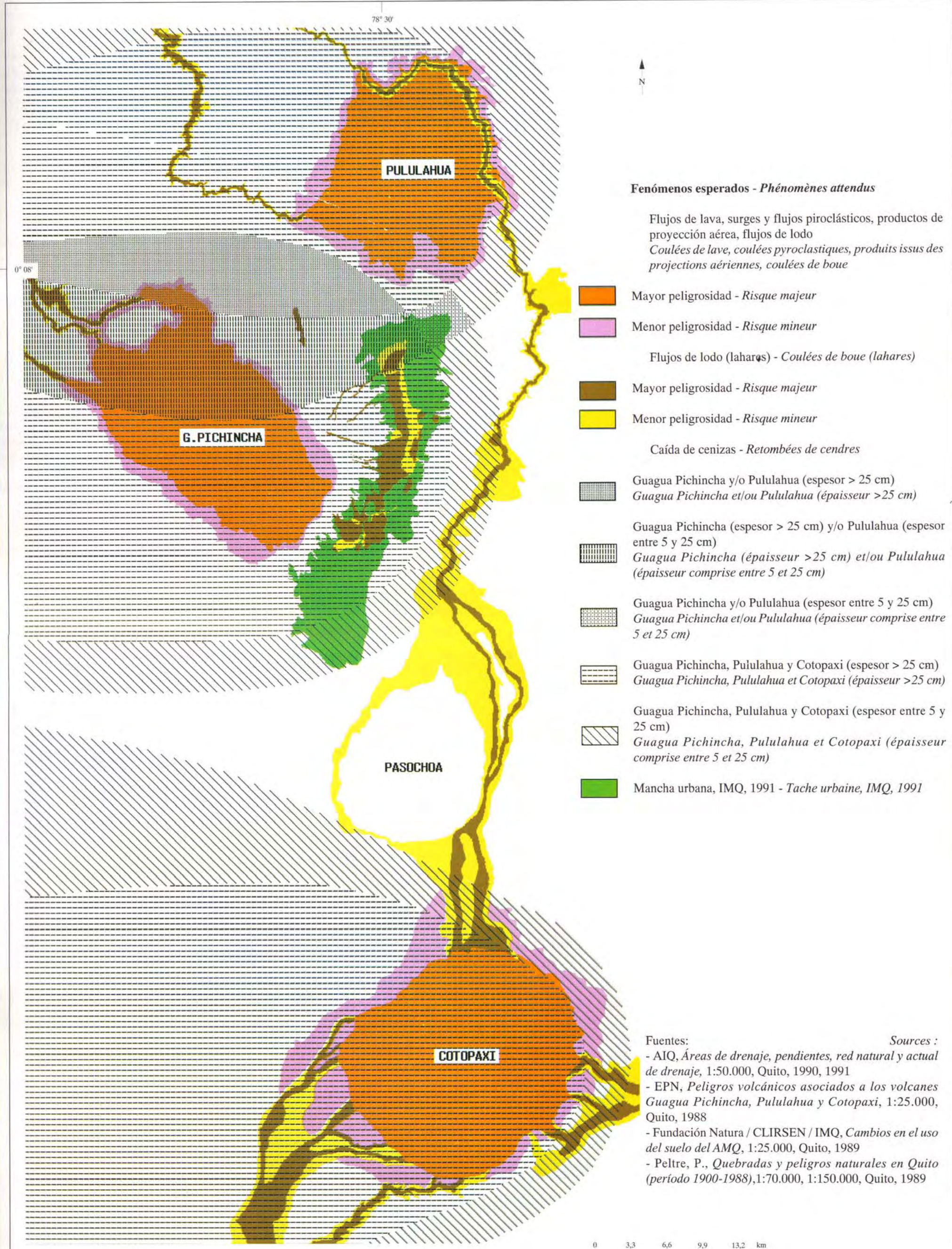
### 2. Fenómenos esperados

Los volcanes Cotopaxi, Guagua Pichincha y Pululahua han generado, a lo largo de su historia eruptiva, eventos característicos. En base a ello, se describen a continuación los fenómenos esperados.

#### 2.1. Flujos de lava y domos

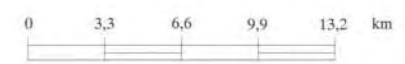
Los flujos de lava, masas de roca fundida, pueden formar domos o dirigirse laderas abajo hacia la base de los conos volcánicos, siguiendo valles y quebradas. Su alcance depende, entre otros factores, de su viscosidad, de su contenido en gases y de la topografía. Avanzan en general lentamente arrasando con lo que encuentran a su paso (recubrimiento de la superficie, destrucción de estructuras y obras civiles, incendio de formaciones vegetales, fundición de casquetes de nieve formando lahars, etc.).

PELIGROS VOLCÁNICOS ASOCIADOS A LOS VOLCANES GUAGUA PICHINCHA, PULULAHUA Y COTOPAXI  
 RISQUES VOLCANIQUES LIÉS AUX VOLCANS GUAGUA PICHINCHA, PULULAHUA Y COTOPAXI



Fuentes: Sources :

- AIQ, Áreas de drenaje, pendientes, red natural y actual de drenaje, 1:50.000, Quito, 1990, 1991
- EPN, Peligros volcánicos asociados a los volcanes Guagua Pichincha, Pululahua y Cotopaxi, 1:25.000, Quito, 1988
- Fundación Natura / CLIRSEN / IMQ, Cambios en el uso del suelo del AMQ, 1:25.000, Quito, 1989
- Peltre, P., Quebradas y peligros naturales en Quito (período 1900-1988), 1:70.000, 1:150.000, Quito, 1989



Dans le cas du Guagua Pichincha, l'avancée des coulées de lave n'a pas dépassé 10 km avec des puissances de 100 m et des volumes extrudés d'environ 2 000 000 m<sup>3</sup>. Dans certains cas, les coulées les plus anciennes du Cotopaxi ont parcouru jusqu'à 30 km, mais les plus récentes ont eu une portée encore plus importante (Hall, 1979).

Par ailleurs, les explosions latérales sont dangereuses car elles provoquent la formation de dômes de lave ou entraînent l'instabilité des versants du cône volcanique. Le Pululahua a donné lieu à la création de dômes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de sa caldera. Si, lors d'une éruption future, ces dômes croissaient, les coulées de lave, extrêmement rapides, capables de répandre les matériaux sur des aires très étendues, détruiraient tout ce qui se trouve dans la caldera et vers le nord-ouest. Si les dômes se développaient en dehors de l'amphithéâtre, des zones peuplées pourraient être détruites. Ce phénomène est difficile à préciser. Il s'est produit lors d'éruptions passées dans le Cotopaxi et le Guagua Pichincha mais, selon les vulcanologues, la possibilité qu'il se répète est très lointaine.

## 2.2. Flux et autres émissions pyroclastiques

Les flux pyroclastiques sont des masses de gaz et de fragments de roches brûlantes de diverses tailles qui se déplacent à des vitesses élevées (50 à 200 km/h) en suivant la topographie. Ils peuvent se former par effondrement de la colonne éruptive, par débordement du matériau pyroclastique de la caldera ou par explosions latérales. Dans son trajet, la nuée de gaz portant le matériau solide peut se scinder en d'autres directions. Étant donnée leur action dévastatrice, les flux pyroclastiques sont considérés par les vulcanologues comme le phénomène volcanique le plus mortel : ils détruisent toute forme de vie par l'impact matériel, l'asphyxie et les brûlures ; les structures et édifices sont ravagés, brûlés ou enterrés.

D'autres émissions pyroclastiques de même type et de même origine, mais moins brûlantes et composées de matériaux plus fins (lapillis, cendre, tufs, etc.) peuvent couvrir des zones beaucoup plus vastes. Les études réalisées par les vulcanologues sur les volcans Cotopaxi, Guagua Pichincha et Pululahua permettent de mettre en évidence l'occurrence de ce phénomène, car on a trouvé des dépôts de ce type dans des zones correspondant au cônes volcaniques. Leur capacité destructrice est comparable à celle des flux pyroclastiques.

## 2.3. Produits de projection aérienne

Lors d'une éruption volcanique, des matériaux solides ou liquides sont projetés dans l'atmosphère et se déposent à diverses distances, les matériaux plus grossiers tombant près du cratère d'émission, les plus fins se déplaçant dans une nuée dont l'orientation est fonction des vents et pouvant couvrir des zones très étendues.

Lors d'éruptions passées du Cotopaxi, ces produits se sont déposés principalement à l'ouest du volcan, ayant détruit les vallées des rivières Pita et Cutuchi (Hall, 1979). Dans le cas du Guagua Pichincha, c'est le phénomène qui a eu le plus de répercussion sur la ville de Quito : il a pollué les eaux de surface, recouvert les cultures, détruit les toits des maisons sous le poids des matériaux transportés, bouché les égouts et entraîné des asphyxies. Si un tel phénomène se produisait au Pululahua, les zones proches à la caldera et celles situées à l'ouest du volcan seraient les plus affectées.

## 2.4. Coulées de boue (lahars)

Les lahars sont des mélanges de matériaux volcaniques de toutes tailles, saturés d'eau, qui s'écoulent par gravité. Leur danger est la destruction de vies humaines par enfouissement et de constructions sous l'impact de blocs et autres débris. Dans le cas du Cotopaxi, les lahars constituent le phénomène volcanique ayant eu l'effet le plus important sur les personnes et les propriétés : ils ont atteint la province d'Esmeraldas. Ceux du Guagua Pichincha ont parcouru des dizaines de kilomètres empruntant les cours des rivières Cinto et Mindo.

Lors d'une éruption future du Pululahua, les lahars affecteraient les zones riveraines des rios Guayllabamba et Esmeraldas.

La ville de Quito serait directement affectée par ce phénomène. Une éruption du Guagua Pichincha provoquerait des précipitations entraînant la formation de coulées de boue considérables qui emprunteraient les ravins du Rucu Pichincha. Elles se dirigeraient vers Quito et se déposeraient sur les pentes faibles qui prédominent dans la ville, par suite du remblaiement des drains naturels des bassins de réception qui bordent principalement la partie occidentale.

## PERSPECTIVES

### Deux hypothèses de lahars probables en cas d'éruption du Guagua Pichincha

Dans le cas d'une éruption du Pichincha, même d'amplitude très moyenne, l'ensemble des pentes du volcan serait recouvert d'une couche de cendre de 10 à 20 cm d'épaisseur. Ce dépôt provoquerait dans la ville la paralysie des transports, l'arrêt de la distribution d'eau potable et des effondrements de maisons au cas où il atteindrait plus de 25 cm. Mais surtout les pluies violentes, très probables par suite des projections massives de cendres en altitude où elles augmentent la densité des noyaux de condensation, provoqueraient des lahars (coulées de boue) simultanés et de grande ampleur.

Les volumes de boue des lahars ont été calculés selon les hypothèses qui suivent (cf. Peltre, 1989) ; la carte a été construite par comparaison avec l'extension de l'accident de l'avenue La Gasca de 1975, dont le volume avait été estimé à 70 000 m<sup>3</sup> (52 000 m<sup>3</sup> de matériaux solides + 1/3 d'eau).

Hypothèse basse (sans érosion des berges) :

- dépôt de cendres de 10 cm d'épaisseur sur l'ensemble des pentes du Pichincha ;
- pluie journalière de fréquence de retour décennale, correspondant à 52 mm, avec une intensité maximale de 35 mm/h durant une heure ;
- coefficient de ruissellement de 70 % ;

En el caso del Guagua Pichincha, los flujos de lava no avanzaron más allá de 10 km aproximadamente con potencias de 100 m y volúmenes extruidos de alrededor de 2.000.000 m<sup>3</sup>. En algunos casos, los flujos más antiguos del Cotopaxi recorrieron hasta 30 km, mientras que los más recientes tuvieron un alcance aún mayor (Hall, 1979).

Por otro lado, las explosiones laterales son peligrosas pues provocan la formación de domos lávicos o acarrear la inestabilidad de las vertientes del cono volcánico. El Pululahua ha dado lugar a la formación de domos tanto dentro como fuera de la caldera. Si en una erupción futura crecieran esos domos, los flujos de lava, extremadamente veloces, capaces de esparcir los materiales en áreas extensas, destruirían todo lo que se encuentra dentro de la caldera y hacia el Noroccidente. Si se desarrollaran fuera del anfiteatro, áreas pobladas podrían ser destruidas. Tal fenómeno es difícil de precisar. Ha ocurrido en erupciones pasadas en el Cotopaxi y el Guagua Pichincha pero, según los vulcanólogos, la posibilidad de que se repita es muy remota.

## 2.2. Flujos y surges piroclásticos

Los flujos piroclásticos son masas de gas y fragmentos de rocas calientes de diverso tamaño que se desplazan a grandes velocidades (50 a 200 km/h) siguiendo la topografía. Se pueden originar por colapso de la columna eruptiva, por desbordamiento del material piroclástico de la caldera o por explosiones laterales. En su trayecto, la nube de gas que acompaña al material sólido puede dividirse dirigiéndose en otras direcciones. Debido a su acción devastadora, los flujos piroclásticos son considerados por los vulcanólogos como el fenómeno volcánico más letal : destruyen toda forma de vida por impacto material, asfixia y quemaduras; estructuras y edificios resultan arrasados, quemados o enterrados.

Los surges piroclásticos son fenómenos parecidos a los flujos en cuanto a su génesis, aunque son menos calientes; están compuestos por material más fino (lapillis, cenizas, tobas, etc.) y pueden cubrir zonas más amplias. Los estudios realizados por los vulcanólogos sobre los volcanes Cotopaxi, Guagua Pichincha y Pululahua permiten evidenciar la ocurrencia de este fenómeno, pues se han encontrado depósitos de este material en zonas correspondientes a los conos volcánicos. Su capacidad destructiva es comparable a la de los flujos piroclásticos.

## 2.3. Productos de proyección aérea

En una erupción volcánica, materiales sólidos o líquidos son lanzados a la atmósfera y se depositan a diversas distancias. Los más gruesos caen cerca del cráter de emisión, mientras que los más finos viajan en una nube que se orienta según la dirección de los vientos y pueden cubrir extensas áreas.

En erupciones pasadas del Cotopaxi, estos productos se depositaron principalmente al Oeste del volcán, habiendo sido destruidos los valles de los ríos Pita y Cutuchi (Hall, 1979). En el caso del Guagua Pichincha, este es el fenómeno que ha tenido mayor repercusión en la ciudad de Quito al contaminar las aguas superficiales, cubrir campos de cultivo, hundir techos de vivienda por el peso de los materiales transportados, obstruir desagües y producir asfixia. Si tal fenómeno se produjera en el Pululahua, las zonas próximas a la caldera y las situadas al Oeste del volcán serían las más afectadas.

## 2.4. Flujos de lodo (lahares)

Son mezclas de material volcánico de todo tamaño, saturadas de agua, que fluyen ayudadas por la gravedad. El peligro asociado a este fenómeno está relacionado con la destrucción de vidas humanas por enterramiento, y de edificaciones por el impacto de bloques y otros escombros. En el caso del Cotopaxi, los lahars constituyen el fenómeno volcánico que mayor efecto ha causado en personas y propiedades, habiendo llegado hasta Esmeraldas. Los del Guagua Pichincha han recorrido decenas de kilómetros encauzándose por los ríos Cinto y Mindo.

En una futura erupción del Pululahua, los lahars producidos afectarían a las zonas aledañas a los ríos Guayllabamba y Esmeraldas.

La ciudad de Quito sería afectada directamente por este fenómeno. Una erupción del Guagua Pichincha provocaría precipitaciones que darían lugar a la formación de flujos de lodo de considerable magnitud. Estos se encauzarían por las quebradas del Rucu Pichincha, dirigiéndose hacia Quito. Allí se depositarían sobre las pendientes suaves que predominan en la ciudad, pues los drenes naturales de las cuencas de recepción que bordean principalmente a la parte occidental han sido rellenados.

## PERSPECTIVAS

### Dos hipótesis de lahares probables en caso de erupción del Guagua Pichincha

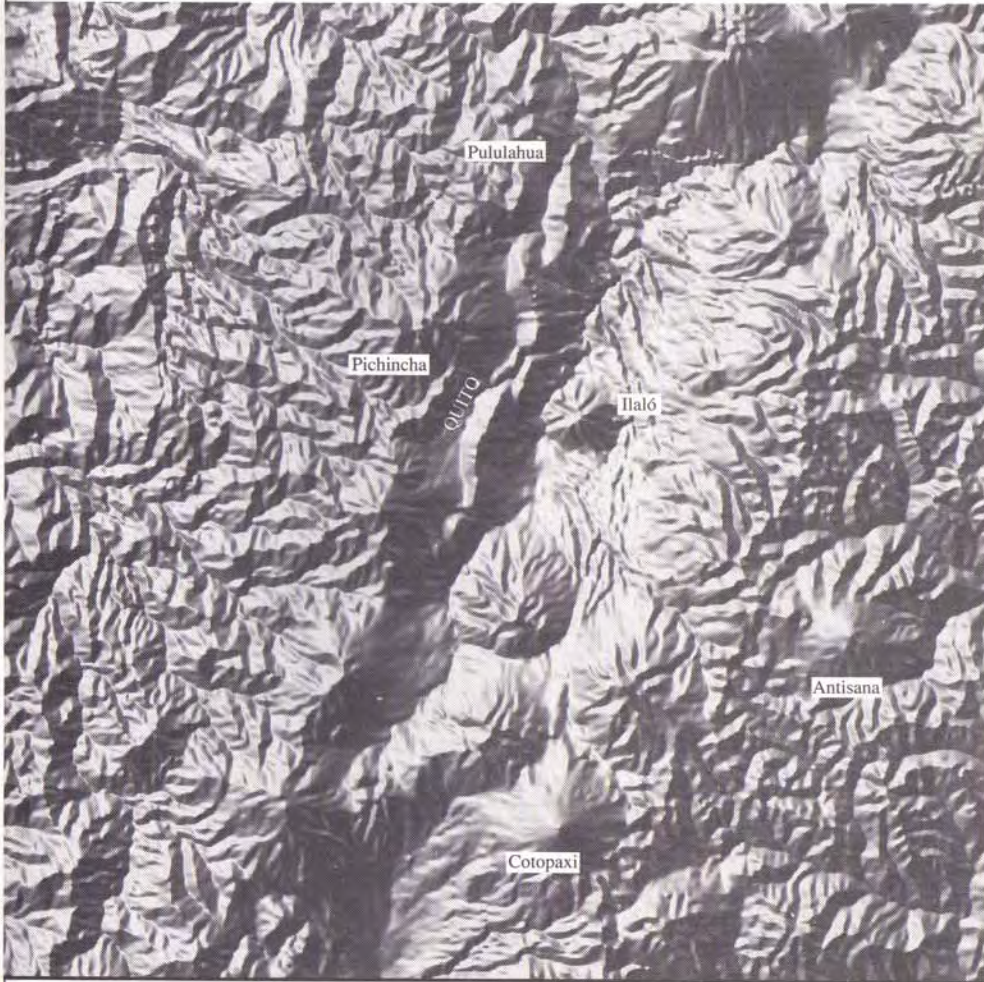
En caso de una erupción del Pichincha, incluso de mediana magnitud, todas las pendientes del volcán serían cubiertas por una capa de ceniza de 10 a 20 cm de espesor. De alcanzar tal espesor más de 25 cm, se provocaría en la ciudad la paralización de los transportes, la suspensión de la distribución de agua potable y derrumbes de construcciones. Pero sobre todo, las violentas lluvias, muy probables debido a las proyecciones masivas de cenizas en altitud que aumentan la densidad de los núcleos de condensación, provocarían lahares (aluviones, flujos de lodo) simultáneos y de gran amplitud.

Los volúmenes de lodo de los lahares fueron calculados según las hipótesis indicadas a continuación (ver Peltre, 1989); el mapa fue elaborado mediante comparación con el accidente de la avenida La Gasca de 1975, cuyo volumen fue estimado en 70.000 m<sup>3</sup> (52.000 m<sup>3</sup> de materiales sólidos + 1/3 de agua).

Hipótesis baja (sin erosión de las laderas):

- depósito de cenizas de 10 cm de espesor en todas las pendientes del Pichincha;
- lluvia diaria de frecuencia de retorno decenal, que corresponde a 52 mm, con una intensidad máxima de 35 mm/h durante una hora;
- coeficiente de escurrimiento del 70 %;

Figura 1 Ubicación de los tres volcanes - Figure 1 Localisation des trois volcanes



**Situación geográfica**  
 - Latitud: 0° 50' S - 0° 10' N  
 - Longitud: 79° 00' W - 78° 00' W



**Situation géographique de la fenêtre**  
 - Latitude : 0° 50' S - 0° 10' N  
 - Longitude : 79° 00' W - 78° 00' W

Fuente: Source : Souris, M., Modelos digitales de terreno, Quito, 1991

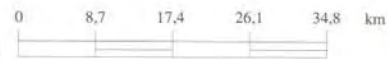


Figura 2 Volcán Cotopaxi - Figure 2 Volcan Cotopaxi



**Situación geográfica**  
 - Latitud: 0° 41' S  
 - Longitud: 78° 26' W  
 - 50 km al Sur de Quito



**Situation géographique**  
 - Latitude : 0° 41' S  
 - Longitude : 78° 26' W  
 - 50 km au sud de Quito

**Características**  
 - Altura relativa: 3.000 m  
 - Diámetro de la base: 22 km  
 - Diámetro del cráter: 400 m  
 - Pendiente: 12° hasta 35°  
 - Forma: estrato-volcán muy simétrico cubierto por glaciares  
 - Actividad: de tipo Estromboliano

**Caractéristiques**  
 - Hauteur relative : 3 000 km  
 - Diamètre de la base : 22 km  
 - Diamètre du cratère : 400 m  
 - Pente : 12° à 35°  
 - Forme : stratovolcan très symétrique recouvert de glaciers  
 - Activité : de type strombolien

Fuente: Source : Souris, M., Modelos digitales de terreno, Quito, 1991

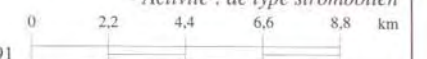
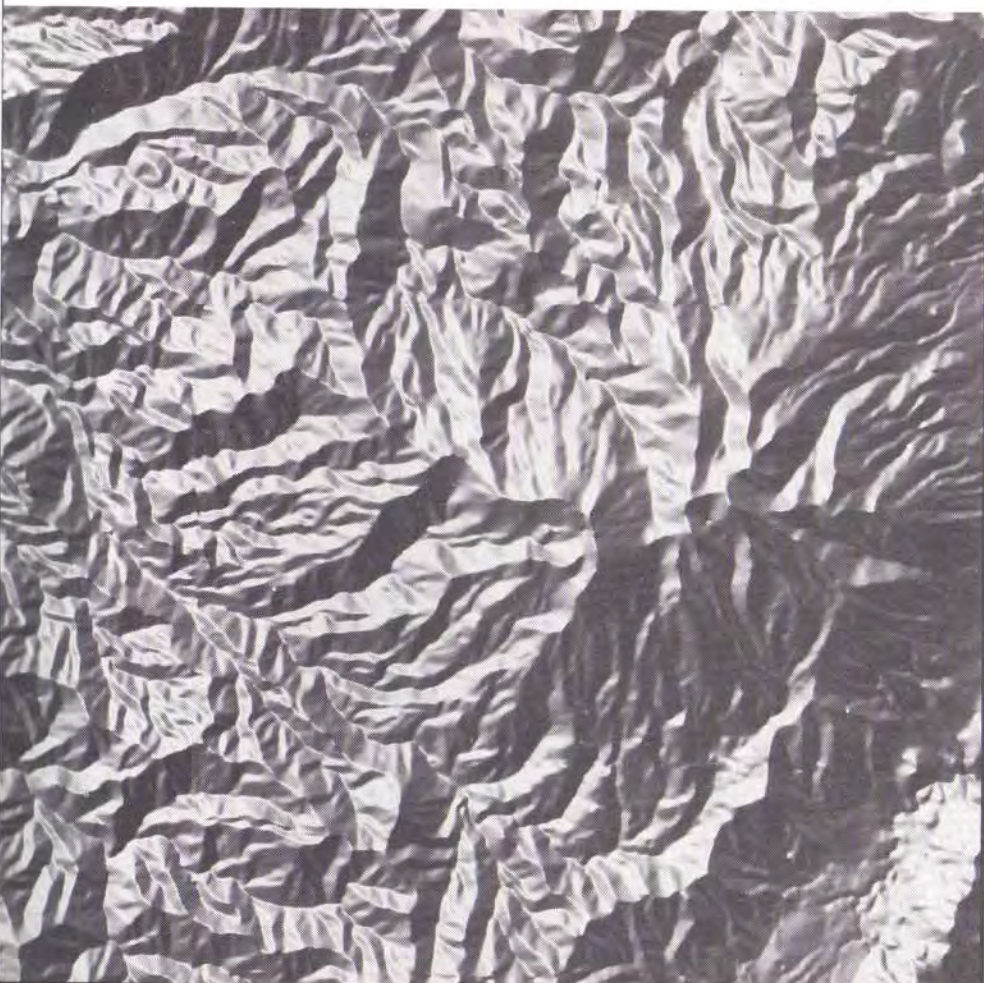


Figura 3 Volcán Guagua Pichincha - Figure 3 Volcan Guagua Pichincha



**Situación geográfica**  
 - Latitud: 0° 12' S  
 - Longitud: 78° 36' W  
 - 12 km al Oeste de Quito



**Situation géographique**  
 - Latitude : 0° 12' S  
 - Longitude : 78° 36' W  
 - 12 km à l'ouest de Quito

**Características**  
 - Altura relativa: 2.200 m  
 - Diámetro de la base: 12 km  
 - Diámetro del cráter: 1,6 km  
 - Pendiente: 10° hasta 30°  
 - Forma: estrato-volcán que consiste en una caldera con un pequeño domo  
 - Actividad: de tipo Peleano

**Caractéristiques**  
 - Hauteur relative : 2 200 km  
 - Diamètre de la base : 12 km  
 - Diamètre du cratère : 1,6 km  
 - Pente : 10° à 30°  
 - Forme : stratovolcan constitué d'une caldera et d'un petit dôme  
 - Activité : de type péleén

Fuente: Source : Souris, M., Modelos digitales de terreno, Quito, 1991

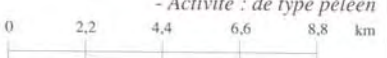
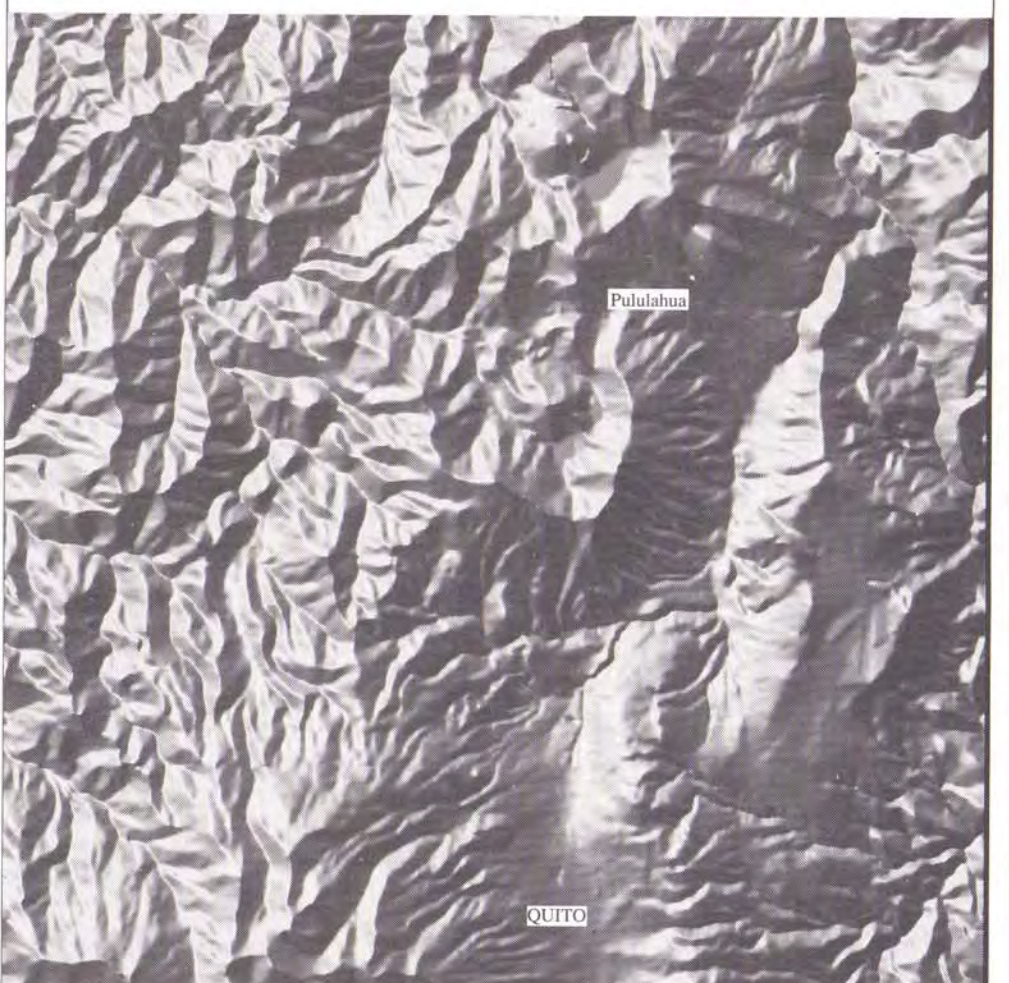


Figura 4 Volcán Pululahua - Figure 4 Volcan Pululahua



**Situación geográfica**  
 - Latitud: 0° 02' N  
 - Longitud: 78° 29' W  
 - 18 km al Norte de Quito



**Situation géographique**  
 - Latitude : 0° 02' N  
 - Longitude : 78° 29' W  
 - 18 km au nord de Quito

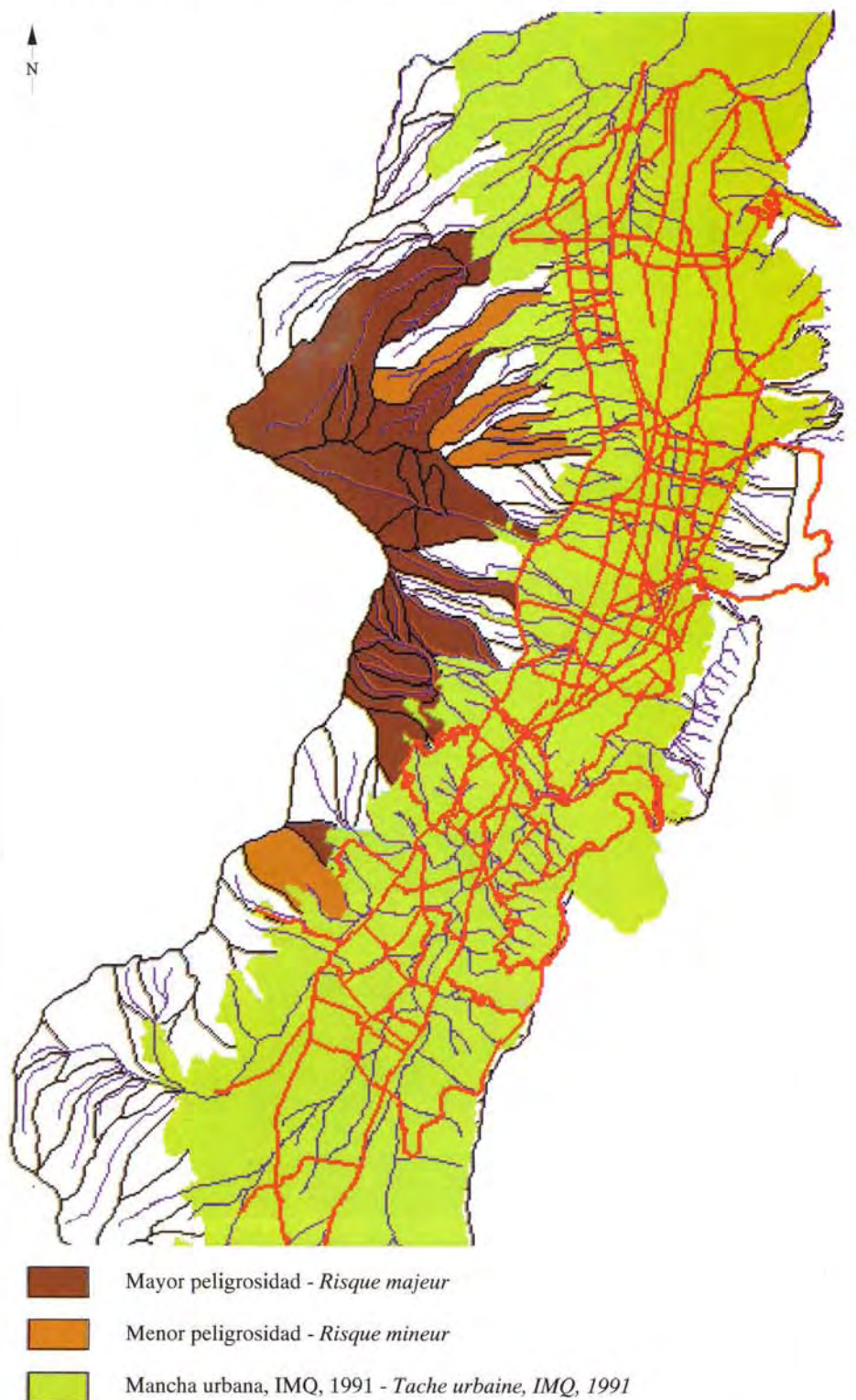
**Características**  
 - Altura relativa: 1.800 m  
 - Diámetro de la base: 15 km  
 - Diámetro del cráter: 5 km  
 - Pendiente: 10° hasta 30°

**Caractéristiques**  
 - Hauteur relative : 1 800 km  
 - Diamètre de la base : 15 km  
 - Diamètre du cratère : 5 km  
 - Pente : 10° à 30°

Fuente: Source : Souris, M., Modelos digitales de terreno, Quito, 1991



**Figura 5 Riesgos asociados a las cuencas vertientes del Pichincha**  
**Figure 5 Risques associés aux bassins versants du Pichincha**



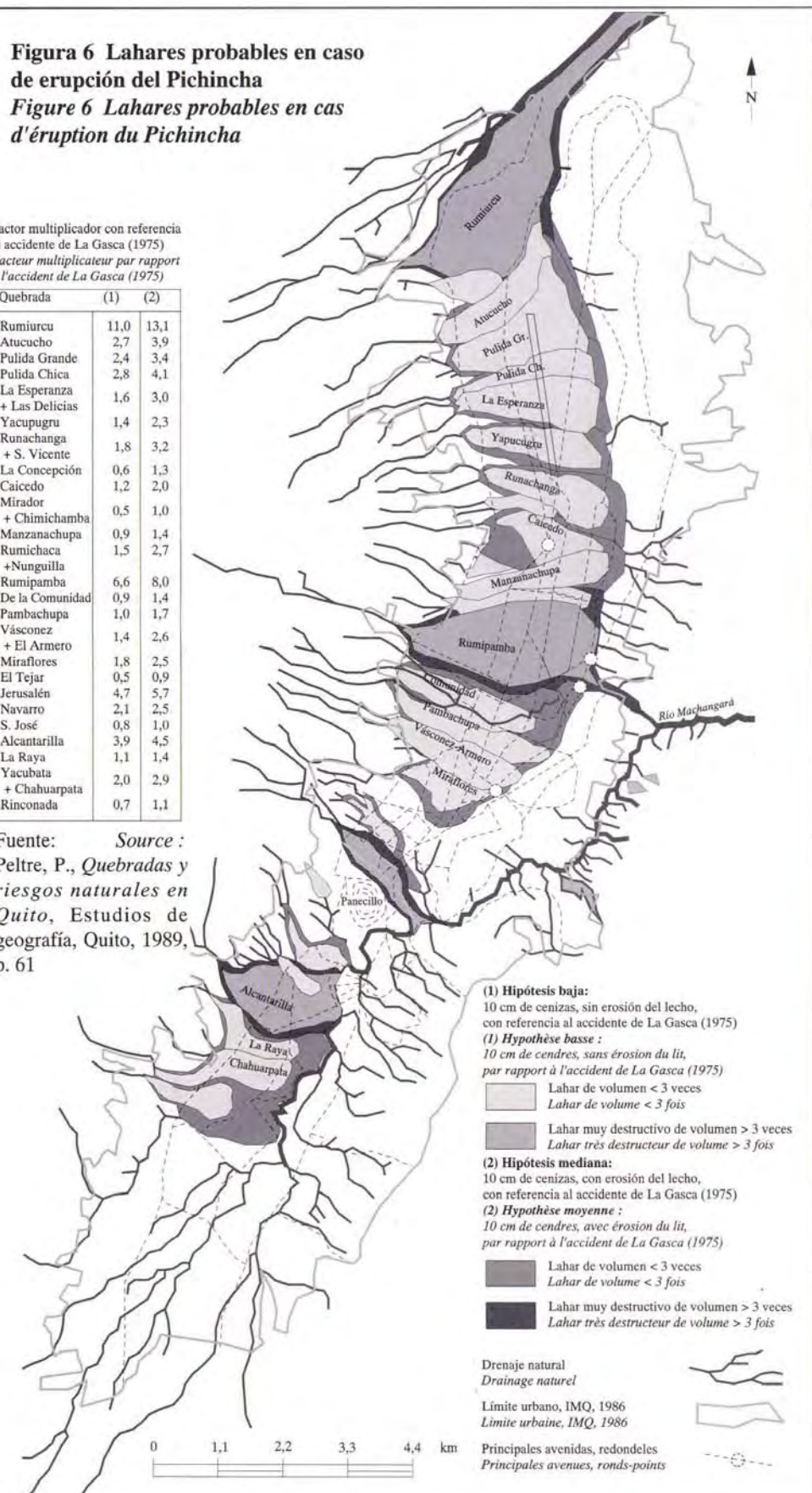
Fuente: - IGM, Fotografías aéreas, 1:60.000, Quito, 1979

**Figura 6 Lahares probables en caso de erupción del Pichincha**  
**Figure 6 Lahares probables en cas d'éruption du Pichincha**

Factor multiplicador con referencia al accidente de La Gasca (1975)  
 Facteur multiplicateur par rapport à l'accident de La Gasca (1975)

Quebrada	(1)	(2)
Rumiuru	11,0	13,1
Atucubo	2,7	3,9
Pulida Grande	2,4	3,4
Pulida Chica	2,8	4,1
La Esperanza + Las Delicias	1,6	3,0
Yacupugru	1,4	2,3
Runachanga + S. Vicente	1,8	3,2
La Concepción	0,6	1,3
Caicedo	1,2	2,0
Mirador + Chimichamba	0,5	1,0
Manzanachupa	0,9	1,4
Rumichaca + Nunguilla	1,5	2,7
Rumipamba	6,6	8,0
De la Comunidad	0,9	1,4
Pambachupa	1,0	1,7
Vásconez + El Armero	1,4	2,6
Miraflores	1,8	2,5
El Tejar	0,5	0,9
Jerusalén	4,7	5,7
Navarro	2,1	2,5
S. José	0,8	1,0
Alcantarilla	3,9	4,5
La Raya	1,1	1,4
Yacubata	2,0	2,9
+ Chahuarpata		
Rinconada	0,7	1,1

Fuente: Peltre, P., *Quebradas y riesgos naturales en Quito*, Estudios de geografía, Quito, 1989, p. 61



(1) **Hipótesis baja:**  
 10 cm de cenizas, sin erosión del lecho, con referencia al accidente de La Gasca (1975)  
 (1) **Hypothèse basse :**  
 10 cm de cendres, sans érosion du lit, par rapport à l'accident de La Gasca (1975)  
 - Lahar de volumen < 3 veces  
 - Lahar muy destructivo de volumen > 3 veces

(2) **Hipótesis mediana:**  
 10 cm de cenizas, con erosión del lecho, con referencia al accidente de La Gasca (1975)  
 (2) **Hypothèse moyenne :**  
 10 cm de cendres, avec érosion du lit, par rapport à l'accident de La Gasca (1975)  
 - Lahar de volumen < 3 veces  
 - Lahar muy destructivo de volumen > 3 veces

- volume maximum de cendres mobilisables de 30 %, le reste demeurant partiellement accroché aux croupes, aux pentes faibles et aux replats des bassins versants.

Hypothèse moyenne (mêmes conditions avec érosion des berges) :

- La violence des crues pourrait provoquer des reprises d'érosion des berges du lit ; pour une hypothèse moyenne, nous avons compté un volume de débris proportionnel (selon la longueur du cours principal) à celui qui avait été estimé lors de l'accident de la Gasca de 1975.

Selon les hypothèses prises en compte dans l'évaluation de ce risque morphodynamique induit par une éruption, entre un quart et la moitié des superficies de la ville seraient affectées par des lahars destructeurs. Dans l'hypothèse la plus basse, il faudrait s'attendre à un lahar sur chacune des ravins traversant la ville, dont cinq dépasseraient le double ou le triple du volume estimé de la pire crue boueuse enregistrée depuis 1900 — la coulée de boue de l'avenue La Gasca (70 000 m<sup>3</sup>) — et quatre atteindraient cinq, six et dix fois ce volume. Dans une hypothèse moyenne, on pourrait s'attendre à dix-sept lahars destructifs dépassant les 100 000 m<sup>3</sup>, la plupart des petits ravins approchant le volume de la coulée de boue de la Gasca.

Dans les deux hypothèses étudiées on aurait affaire à une véritable catastrophe urbaine susceptible de provoquer plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de morts, si l'évacuation des zones menacées n'est pas décidée en temps utile.

- volumen máximo de cenizas mobilizables de un 30 %, quedando el resto pegado parcialmente a las cimas redondeadas, a las pendientes débiles y a los rellanos de las cuencas vertientes.

Hipótesis mediana (iguales condiciones con erosión de las laderas):

La violencia de las crecidas podría provocar una reactivación de la erosión de las laderas del lecho; en el caso de esta hipótesis, se estableció un volumen de materiales arrastrados proporcional (según la longitud del curso principal) al que fue estimado para el aluvión de la Gasca.

Según las hipótesis consideradas en la evaluación de este riesgo morfodinámico inducido por una erupción, entre un cuarto y la mitad de la superficie de la ciudad se vería afectada por lahars destructores. En la hipótesis más baja, habría que esperar un lahar en cada una de las quebradas que recortan el sitio, de los cuales cinco superarían el doble o el triple del volumen estimado de la peor crecida lodosa registrada desde 1900 — el aluvión de la avenida La Gasca (70.000 m<sup>3</sup>) — y cuatro alcanzarían cinco, seis y diez veces ese volumen. En una hipótesis mediana, podrían esperarse 17 lahars destructivos que superen los 100.000 m<sup>3</sup>, que se acercarían, en el caso de las pequeñas quebradas, al volumen del aluvión de La Gasca.

En las dos hipótesis estudiadas, estaríamos frente a una verdadera catástrofe urbana que podría provocar algunos centenares e incluso varios miles de muertos, si la evacuación de las zonas amenazadas no es decidida oportunamente.

**ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE - ORIENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

- ARAÑA, V.; LÓPEZ, J. (1974), *Volcanismo, dinámica y petrología de sus productos*, Madrid, 481 p.
- HALL, M. (1977), *El volcanismo en el Ecuador*, Quito, 120 p.
- INEMIN / GEOTERMICA ITALIANA, Informe final, « Proyecto Guagua Pichincha ».
- Ministerio de Recursos Naturales (1985), *Riesgo volcánico en el Ecuador*, Quito, 24 p.
- WOLF, T. (1975), *Geografía y Geología del Ecuador*, Quito, 798 p.

## LA POPULATION DE LA PROVINCE DU PICHINCHA FACE AU VOLCAN COTOPAXI.

### Aléas, risque et vulnérabilité

## LA POBLACIÓN DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA FRENTE AL VOLCÁN COTOPAXI.

### Peligros, riesgo y vulnerabilidad

Robert D'ERCOLE

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNANDEZ

#### SOURCES ET LIMITES

Les documents présentés dans cette planche concernent la population des régions de la province du Pichincha potentiellement menacées par le volcan Cotopaxi, incluses dans l'aire métropolitaine de Quito ou situées à proximité de la capitale. Ils se fondent essentiellement sur trois types de sources :

- la carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi, achevée en 1988 par l'Institut Géophysique de l'École Polytechnique Nationale (EPN), qui fournit les bases physiques (HALL et VON HILLEBRANDT, 1988) ;

- les recensements effectués par l'INEC de 1950 à 1982 dont les données traitées et actualisées pour 1988 ont permis de connaître et de représenter la répartition, la densité et l'évolution de la population menacée ;

- une enquête réalisée en 1988 et 1989 dans le cadre d'une convention IFEA / ORSTOM / Defensa Civil / CEDIG / IPGH; les résultats de cette enquête menée auprès d'un échantillon de 2 200 personnes installées dans les régions exposées des provinces de Pichincha et de Cotopaxi (1 137 enquêtes dans la première), indiquent les principaux facteurs de vulnérabilité de la population (D'ERCOLE, 1990 et 1991).

#### PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Le but de cette planche est de présenter, pour les régions proches de Quito, des documents intégrant la composante humaine du risque lié au volcan Cotopaxi. Ces documents sont complémentaires de la carte des menaces potentielles du volcan Cotopaxi qui n'en fournit que la composante physique (types d'aléas, magnitude, extension potentielle des produits et probabilité d'occurrence).

La notion de risque ne peut être complète que si l'on considère les éléments exposés (le patrimoine, les activités et les personnes). Encore s'agit-il de considérer ces éléments exposés à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

La répartition de la population menacée (il n'y a pas de risque là où il n'y a personne), sa densité (impact potentiel plus ou moins important) et son évolution (risque croissant dans les régions à forte expansion démographique) constituent l'aspect quantitatif, celui qui est généralement pris en compte dans les travaux de planification préventive. L'aspect qualitatif est très souvent négligé et pourtant des facteurs aussi divers que la perception du risque, la connaissance des moyens de protection, les conditions économiques, sociales et culturelles, qui influent sur les comportements lors d'une situation d'urgence, font que les personnes sont plus ou moins vulnérables, et ce, dans une même zone de risque. Les documents présentés ici illustrent cette double approche.

#### ÉLABORATION

La carte 1 est une carte de risque qui tient compte des aléas et de la composante humaine et quantitative du risque. Elle s'appuie donc sur la carte des menaces potentielles établie par l'Institut Géophysique de l'EPN à partir de laquelle ont été dessinées les limites des zones qui pourraient être affectées par les différents aléas en fonction de la magnitude ou de l'« efficacité » d'une éventuelle éruption (lahars, retombées, écoulements pyroclastiques et débris avalanches).

La répartition de la population a été déterminée à partir de cartes topographiques, de photographies aériennes et à la suite de parcours de terrain. Le calcul des densités reportées sur la carte a été effectué sur la base des chiffres et des cartes de l'INEC qui ont permis de travailler à l'échelle du secteur de recensement constituant une fine subdivision du territoire paroissial. L'évolution démographique, pour sa part, a été calculée à l'échelle des paroisses grâce aux chiffres de population fournis par l'INEC de 1950 à 1982, complétés, selon les tendances enregistrées entre 1974 et 1982, par une estimation de la population en 1988.

La carte 2 présente l'un des principaux facteurs de vulnérabilité que les enquêtes ont permis de cerner, la perception du risque personnel. Les réponses fournies par les personnes interrogées à plusieurs questions posées directement ou indirectement sur ce sujet ont permis de déterminer quatre niveaux de perception du risque (1 : élevé à très élevé ; 2 : relativement élevé ; 3 : relativement faible ; 4 : faible à très faible). La carte considère les deux premiers niveaux, regroupés. Elle s'appuie par ailleurs sur des unités territoriales de base délimitées en fonction de la nature de la menace, de l'intensité du risque, des subdivisions administratives, du type de population (urbaine / rurale) et dans certains cas, de la densité.

#### COMMENTAIRE

##### La menace

Les moyens scientifiques actuels ne permettent pas de prévoir une période éruptive et encore moins la date d'une éruption volcanique surtout lorsqu'on a affaire à un volcan de type explosif comme l'est le Cotopaxi. Un diagnostic sérieux ne sera réalisable qu'à partir du moment où se produiront des signes précurseurs qui peuvent précéder de quelques jours à plusieurs mois une éruption importante. Encore faut-il disposer, et c'est le cas pour le Cotopaxi depuis

#### FUENTES Y LÍMITES

Los documentos presentados en esta lámina se refieren a la población de las regiones de la provincia de Pichincha potencialmente amenazadas por el volcán Cotopaxi, incluidas en el Área Metropolitana de Quito o situadas a proximidad de la capital. Se basan esencialmente en tres tipos de fuentes:

- el mapa de los peligros potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, concluido en 1988 por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), que proporciona las bases físicas (Hall y Von Hillebrandt, 1988);

- los censos realizados por el INEC entre 1950 y 1982, cuyos datos procesados y actualizados para 1988 han permitido conocer y representar la distribución, la densidad y la evolución de la población amenazada;

- una encuesta realizada en 1988 y 1989, en el marco de un convenio IFEA / ORSTOM / Defensa Civil / CEDIG / IPGH, en una muestra de 2.200 personas instaladas en las regiones expuestas de las provincias de Pichincha y Cotopaxi (1.137 encuestas en la primera) y cuyos resultados muestran los principales factores de vulnerabilidad de la población (D'Ercole, 1990 y 1991).

#### PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

El objetivo de esta lámina es presentar, para las regiones próximas a Quito, documentos que integran el componente humano del riesgo ligado al volcán Cotopaxi. Tales documentos complementan el mapa de las amenazas potenciales del volcán Cotopaxi que no proporciona sino el componente físico (tipos de peligros, magnitud, extensión potencial de los productos y probabilidad de ocurrencia).

La noción de riesgo no puede ser completa si no se consideran los elementos expuestos (el patrimonio, las actividades y las personas). Se trata además de considerar esos elementos expuestos, a la vez en el plano cuantitativo y en el cualitativo.

La distribución de la población amenazada (no hay riesgo en donde nadie existe), su densidad (impacto potencial más o menos importante) y su evolución (riesgo creciente en las regiones de fuerte crecimiento demográfico) constituyen el aspecto cuantitativo, que generalmente es tomado en cuenta en los trabajos de planificación preventiva. El aspecto cualitativo es descuidado frecuentemente y sin embargo factores tan diversos como la percepción del riesgo, el conocimiento de los medios de protección, las condiciones económicas, sociales y culturales, que influyen en los comportamientos al producirse una situación de emergencia, hacen que las personas sean más o menos vulnerables, y ello, en una misma zona de riesgo. Los documentos presentados aquí ilustran este doble enfoque.

#### ELABORACIÓN

El mapa 1 es un mapa de riesgo que tiene en cuenta los peligros y el componente humano y cuantitativo del riesgo. Se apoya entonces en el mapa de las amenazas potenciales elaborado por el Instituto Geofísico de la EPN, a partir del cual se han dibujado los límites de las zonas que podrían ser afectadas por los diferentes fenómenos en función de la magnitud o de la « eficacia » de una eventual erupción (lahares, caídas de piroclastos, flujos piroclásticos y avalanchas de escombros).

La distribución de la población fue determinada a partir de mapas topográficos, fotografías aéreas y recorridos por el terreno. El cálculo de las densidades representadas en el mapa fue efectuado en base a las cifras y los mapas del INEC que permitieron trabajar a nivel del sector censal que constituye una fina subdivisión del territorio parroquial. La evolución demográfica, por su parte, fue calculada a nivel de las parroquias gracias a las cifras de población proporcionadas por el INEC de 1950 a 1982, completadas, según las tendencias registradas entre 1974 y 1982, con una estimación de la población para 1988.

El mapa 2 presenta uno de los principales factores de vulnerabilidad que las encuestas permitieron definir: la percepción del riesgo personal. Las respuestas proporcionadas por las personas interrogadas con varias preguntas al respecto planteadas directa o indirectamente permitieron determinar cuatro niveles de percepción del riesgo (1: muy elevado; 2: relativamente elevado; 3: relativamente bajo; 4: bajo a muy bajo). El mapa considera los dos primeros niveles, agrupados. Se apoya por otro lado en unidades territoriales básicas delimitadas en función de la naturaleza de la amenaza, de la intensidad del riesgo, de las subdivisiones administrativas, del tipo de población (urbana / rural) y en ciertos casos, de la densidad.

#### COMENTARIO

##### La amenaza

Los medios científicos actuales no permiten prever un período eruptivo y menos aún la fecha de una erupción volcánica, sobre todo tratándose de un volcán de tipo explosivo como lo es el Cotopaxi. Establecer un diagnóstico serio no sería posible sino en cuanto se produjeran signos precursores que pueden preceder en algunos días a varios meses a una erupción importante. Se debe disponer además, y es el caso del Cotopaxi desde 1991, de equipos de vigilancia bien

1991, d'appareils de surveillance bien placés et suffisamment nombreux. Ce que l'on sait du Cotopaxi permet néanmoins d'établir son caractère extrêmement dangereux en cas d'éruption, de déterminer les principaux aléas auxquels on peut s'attendre et de délimiter approximativement les zones qui pourraient être affectées.

Le volcan a connu au moins cinq étapes éruptives durant la période historique (figure 1), ponctuées d'une trentaine d'éruptions parmi lesquelles certaines furent particulièrement catastrophiques comme celle du 4 avril 1768 ou encore celle du 26 juin 1877 qui entraîna la mort d'un millier de personnes. La phase de repos actuelle dure maintenant depuis près de 80 ans. Il est difficile d'en dire davantage si ce n'est que l'histoire connue du volcan montre que les périodes de sommeil de ce dernier ont souvent été plus brèves.

Alors que les retombées (blocs, lapilli, cendres), les écoulements pyroclastiques (aérosols denses et très chauds dévalant les pentes d'un volcan à très grande vitesse), voire les débris avalanches (phénomènes liés à l'effondrement d'une partie de l'édifice volcanique généralement accompagné d'une violente explosion dirigée) peuvent constituer une menace sérieuse à proximité du volcan, notamment pour les paroisses de Machachi et de Rumipamba. Le danger de lahars peut porter beaucoup plus loin (carte 1) et affecter gravement la population installée dans les vallées situées immédiatement à l'est et en contrebas de la capitale, dans le sillon intra-andin (vallées de los Chillos et de Tumbaco). Les lahars, mieux connus par le grand public depuis l'éruption du Nevado del Ruiz en Colombie en 1985 dans la mesure où ils causèrent la disparition de 25 000 habitants d'Armero et de Chinchina, sont liés à la fonte brutale des glaces et des neiges au contact de produits incandescents, notamment des écoulements pyroclastiques. Il s'agit de gigantesques coulées de boue et de blocs dont la vitesse peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres par heure. Le Cotopaxi, culminant à 5 897 m d'altitude et doté d'une imposante calotte glaciaire de 27 km<sup>2</sup> de superficie et de près d'un km<sup>3</sup> de volume, en a produit à maintes reprises dans le passé. La limite de risque majeur de lahars borne d'ailleurs les secteurs qui ont été touchés en 1877, alors que la zone de risque mineur correspond aux secteurs affectés il y a environ 2 400 ans à l'occasion d'une éruption beaucoup plus violente (HALL, 1987). Ont également été indiqués sur la carte les temps approximatifs de passage des lahars de 1877 à partir du moment où la phase principale de l'éruption a débuté, soit, par exemple au bout d'une heure à l'entrée de la vallée de los Chillos. Rappelons que ces lahars ont entraîné des inondations dans la région d'Esmeraldas 18 heures après le début de l'éruption.

Comme le suggère la carte, la ville de Quito ne serait pas directement affectée par le Cotopaxi si ce n'est par de faibles chutes de cendres, sauf en cas d'éruptions particulièrement violentes, comme celle du 4 avril 1768 qui laissa la capitale dans l'obscurité durant plusieurs heures.

### Le risque

Si l'on exclut les habitants des régions faiblement exposées aux chutes de cendres, ce sont plus de 120 000 personnes vivant dans la province du Pichincha qui sont exposées au volcan Cotopaxi. Le tableau 1 indique leur répartition selon le type de menace. On notera que le risque est essentiellement lié aux lahars. Ces derniers menacent 95 000 personnes dont plus de 10 000 sont installées dans la zone de risque majeur, c'est-à-dire celle qui a été dévastée en 1877. Les retombées pyroclastiques, principalement les chutes de cendres, concernent une population nombreuse (environ 25 000 personnes dans la zone de risque majeur), mais si les dégâts matériels peuvent être très importants, les risques de pertes en vies humaines sont limités. Les débris avalanches pourraient affecter un nombre comparable de personnes mais la probabilité d'occurrence de tels événements est très faible. Les risques suscités par les écoulements pyroclastiques sont également restreints dans la mesure où ces derniers se cantonnent aux flancs du volcan et aux alentours immédiats quasiment vides d'hommes. Quant aux coulées de lave, qui n'atteindraient pas les zones habitées, elles ne menacent personne.

L'effectif actuel de population de la province du Pichincha exposée au Cotopaxi est sans commune mesure avec celui de 1877. Le volcan fit alors plusieurs centaines de victimes dans la province du Cotopaxi mais très peu dans la province septentrionale dont les abords des ríos dangereux (Pita, Santa Clara et San Pedro) étaient inoccupés ou s'intégraient dans le territoire de grandes haciendas. Le risque pour les populations y était donc très faible mais celui-ci s'est accru de manière vertigineuse depuis le milieu du xx<sup>e</sup> siècle et surtout depuis les années soixante-dix (carte 1, figure 2).

Au phénomène général de poussée démographique enregistré dans la plupart des pays latino-américains, se greffent des conditions particulières liées au déversement de la population de Quito, trop à l'étroit dans ses limites, vers les bassins orientaux dont la population a plus que quadruplé en moins de 40 ans (celle-ci a été multipliée par 13 depuis 1877!). De plus, le climat agréable, l'amélioration des voies de communication et la promotion immobilière ont contribué à accélérer le mouvement. Ainsi, les plus fortes densités se rencontrent maintenant dans la vallée de los Chillos qui était il y a quelques décennies encore, le « grenier » de la capitale. Elles sont également élevées dans la vallée d'Amaguaña dont une partie est située en zone de risque mineur de lahars et dans celle de Tumbaco qui présente des risques plus importants.

Les tendances actuelles sont particulièrement alarmantes. Non seulement la poussée démographique des vallées de Tumbaco et de los Chillos prises dans leur ensemble se poursuit selon un rythme très rapide, mais encore il apparaît également que, faute de contrôle de la croissance urbaine, ce sont les zones les plus dangereuses, celles qui fournissent encore des espaces libres, qui se développent le plus rapidement. La population comble progressivement les espaces compris entre les noyaux urbains ou villageois qui pour la plupart étaient situés hors des zones de risque ou du moins dans la zone de risque mineur (Tumbaco, Sangolquí, Conocoto, Alangasí, etc.). Les abords des ríos les plus dangereux se colonisent démesurément et San Rafael, presque entièrement situé dans la zone de risque majeur de lahars, bordé ou traversé par les ríos Pita, San Rafael et San Pedro, et dont la population a été multipliée par huit depuis 1950, en constitue le cas le plus flagrant.

situados y en número suficiente. Lo que se conoce del Cotopaxi permite sin embargo establecer su carácter extremadamente peligroso en caso de erupción, determinar las principales desgracias que se pueden esperar y delimitar aproximadamente las zonas que podrían ser afectadas.

El volcán ha conocido cinco etapas eruptivas durante el período histórico (figura 1), marcadas por unas treinta erupciones de las cuales algunas fueron particularmente catastróficas como la del 4 de abril de 1768 o incluso la del 26 de junio de 1877 que acarrió la muerte de un millar de personas. La actual fase de reposo dura desde hace 80 años. Es difícil decir algo más al respecto a no ser que la historia conocida del volcán muestra que sus períodos de adormecimiento han sido frecuentemente más cortos.

Mientras que las caídas de piroclastos (bloques, lapilli, cenizas), los flujos piroclásticos (aerosoles densos y muy calientes que ruedan por las pendientes de un volcán a gran velocidad) e incluso las avalanchas de escombros (fenómenos ligados al hundimiento de una parte del edificio volcánico generalmente acompañado de una violenta explosión dirigida) pueden constituir una amenaza seria a proximidad del volcán, especialmente para las parroquias de Machachi y Rumipamba. El peligro de lahars puede llegar mucho más lejos (mapa 1) y afectar gravemente a la población instalada en los valles situados inmediatamente al Este y más abajo de la capital, en la depresión interandina (valles de los Chillos y de Tumbaco). Los lahars, mejor conocidos por el gran público desde la erupción del nevado del Ruiz en Colombia en 1985 en la medida en que causaron la desaparición de 25.000 habitantes de Armero y de Chinchina, están ligados a la brusca fundición de los hielos y nieves al contacto con productos incandescentes, especialmente flujos piroclásticos. Se trata de gigantescos flujos de lodo y de bloques cuya velocidad puede alcanzar varias decenas de kilómetros por hora. El Cotopaxi, que corona a 5.897 m de altitud y está dotado de un imponente casquete glacial de 27 km<sup>2</sup> de superficie y cerca de 1 km<sup>3</sup> de volumen, ha producido en el pasado algunos lahars. Por otra parte, el límite de riesgo mayor de este fenómeno circunscribe a los sectores que fueron afectados en 1877, mientras que la zona de riesgo menor corresponde a los sectores afectados hace aproximadamente 2.400 años con ocasión de una erupción mucho más violenta (Hall, 1987). Se indicaron igualmente en el mapa los tiempos aproximados de paso de los lahars de 1877 a partir del momento en que comenzó la fase principal de la erupción, es decir, por ejemplo, al cabo de una hora a la entrada del valle de los Chillos. Recordemos que tales lahars acarrearán inundaciones en la región de Esmeraldas, 18 horas después del inicio de la erupción.

Como lo sugiere el mapa, la ciudad de Quito no estaría directamente afectada por el Cotopaxi a no ser por ligeras caídas de cenizas, salvo en caso de erupciones particularmente violentas, como la del 4 de abril de 1768 que dejó la capital en la oscuridad durante varias horas.

### El riesgo

Si se excluye a los habitantes de las regiones poco expuestas a las caídas de cenizas, son más de 120.000 habitantes de la provincia de Pichincha los que están expuestos al volcán Cotopaxi. El cuadro 1 indica su distribución según el tipo de amenaza. Se observará que el riesgo está esencialmente ligado a los lahars. Estos últimos amenazan a 95.000 personas de las cuales más de 10.000 están instaladas en la zona de riesgo mayor, es decir la que fue devastada en 1877. Las caídas de piroclastos, principalmente de cenizas, conciernen a una población numerosa (alrededor de 25.000 personas en la zona de riesgo mayor), pero si bien los daños materiales pueden ser importantes, los riesgos de pérdida de vidas humanas son limitados. Las avalanchas de escombros podrían afectar a una cantidad comparable de personas pero la probabilidad de ocurrencia de tales eventos es muy reducida. Los riesgos suscitados por los flujos piroclásticos son igualmente restringidos en la medida en que estos últimos se limitan a los flancos del volcán y a los alrededores inmediatos en donde casi no existe vida humana. En cuanto a las coladas de lava, que no alcanzarían a las zonas habitadas, no representan amenaza alguna.

Cuantitativamente, la población actual de la provincia de Pichincha amenazada por el Cotopaxi no tiene medida común con la de 1877. El volcán produjo entonces varios centenares de víctimas en la provincia de Cotopaxi pero muy pocas en la provincia septentrional en donde las inmediaciones de los ríos peligrosos (Pita, Santa Clara y San Pedro) estaban desocupadas o integradas al territorio de grandes haciendas. El riesgo para la población allí era entonces muy reducido pero se ha incrementado de manera vertiginosa desde mediados del siglo XX y sobre todo desde los años setentas (mapa 1, figura 2).

Al fenómeno general de crecimiento demográfico en la mayor parte de países latinoamericanos, se agregan condiciones particulares ligadas al desbordamiento de la población de Quito, muy apretada dentro de sus límites, hacia las vertientes orientales cuya población se ha multiplicado por más de 4 en menos de 40 años (y por 13 desde 1877!). Además, el agradable clima, el mejoramiento de las vías de comunicación y la promoción inmobiliaria han contribuido a acelerar el movimiento. Así, las mayores densidades se encuentran actualmente en el valle de los Chillos que era aún hace algunos años el « granero » de la capital. Son igualmente elevadas en el valle de Amaguaña del cual una parte está situada en zona de riesgo menor de lahars, y en el de Tumbaco que presenta riesgos más importantes.

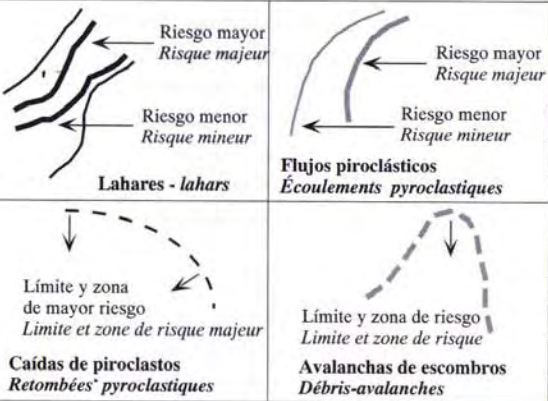
Las tendencias actuales son particularmente alarmantes. No sólo el crecimiento demográfico de los valles de Tumbaco y de los Chillos tomados en su conjunto prosigue con un ritmo sumamente acelerado, sino que además se revela que, por falta de un control del crecimiento urbano, son las zonas más peligrosas, las que proporcionan aún espacios libres, las que se desarrollan más rápidamente. La población llena progresivamente los espacios comprendidos entre los núcleos urbanos o rurales que en su mayor parte estaban situados fuera de las zonas de riesgo o al menos en la zona de riesgo menor (Tumbaco, Sangolquí, Conocoto, Alangasí, etc.). Las inmediaciones de los ríos más peligrosos son colonizadas desmesuradamente y San Rafael, situado casi enteramente en la zona de riesgo mayor de lahars, bordeado o atravesado por los ríos Pita, San Rafael y San Pedro, y cuya población se ha multiplicado por ocho desde 1950, constituye el caso más patente.



# RIESGOS Y POBLACIÓN AMENAZADA RISQUES ET POPULATION MENACÉE

**Mapa 1 Riesgos relacionados con el volcán Cotopaxi y población amenazada (provincia de Pichincha)**  
**Carte 1 Risques liés au volcan Cotopaxi et population exposée (province du Pichincha)**

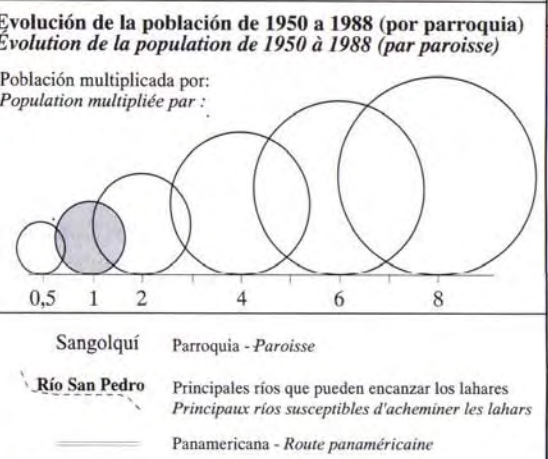
**Peligros potenciales del volcán Cotopaxi**  
**Menaces potentielles du volcan Cotopaxi**



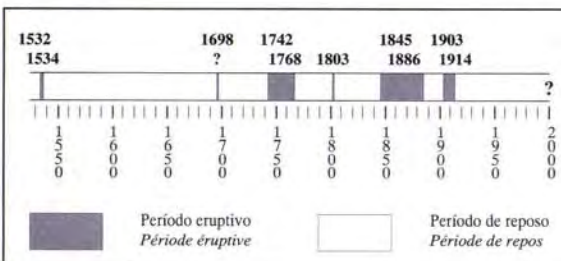
20' Tiempo aproximado de paso de los lahares por el lugar indicado (erupción del tipo de la del 26 de junio de 1877, según los datos del Instituto Geofísico de la EPN) - Temps approximatif de passage des lahars sur le lieu indiqué (éruption du type de celle du 26 juin 1877, d'après les données de l'EPN)

**Densidad poblacional - Densité de population (hab. / km<sup>2</sup>)**

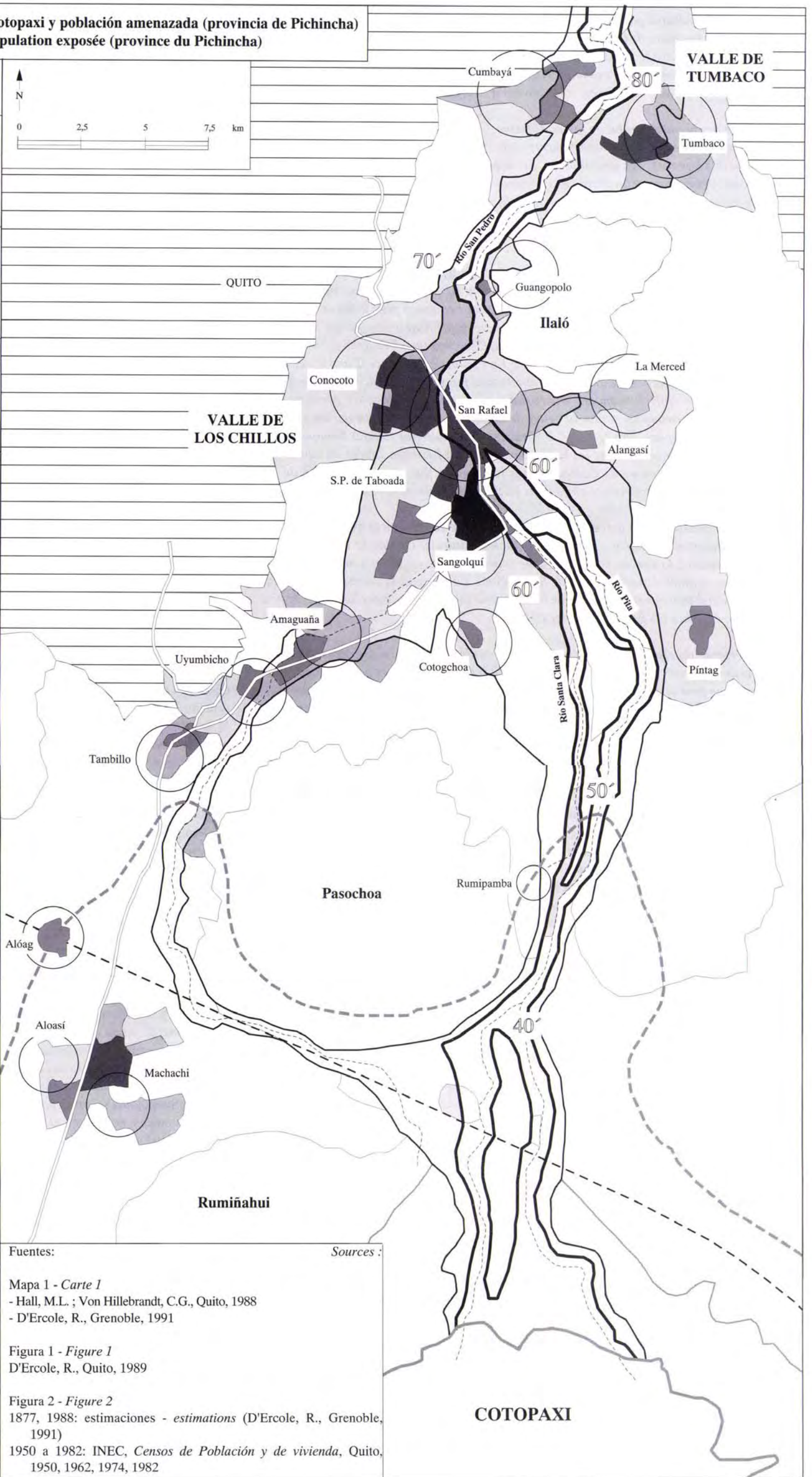
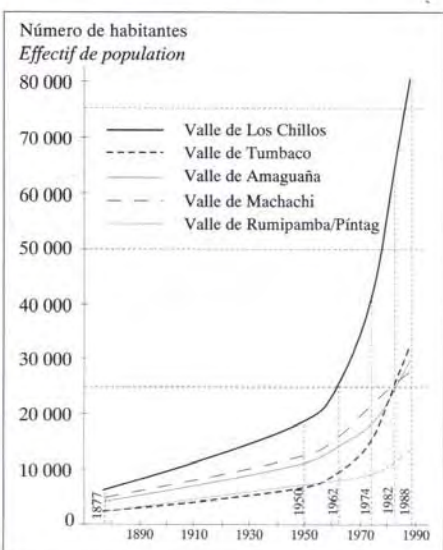
Más de 4,000 Plus de 4 000	200-500
2 000-4 000	Menos de 200 Moins de 200
1 000-2 000	Zonas sin población Régions inoccupées
500-1 000	Zonas no tomadas en cuenta Non pris en compte



**Figura 1 Períodos eruptivos y de reposo del volcán Cotopaxi desde 1523 hasta la fecha (1991)**  
**Figure 1 Périodes éruptives et de repos du volcan Cotopaxi de 1523 à nos jours (1991)**



**Figura 2 Evolución de la población de los valles de la provincia de Pichincha amenazada por el volcán Cotopaxi (1877-1988)**  
**Figure 2 Évolution de la population des vallées de la province du Pichincha menacée par le volcan Cotopaxi (1877-1988)**



Fuentes:

Sources :

Mapa 1 - Carte 1  
- Hall, M.L. ; Von Hillebrandt, C.G., Quito, 1988  
- D'Ercole, R., Grenoble, 1991

Figura 1 - Figure 1  
D'Ercole, R., Quito, 1989

Figura 2 - Figure 2  
1877, 1988: estimaciones - estimations (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)  
1950 a 1982: INEC, Censos de Población y de vivienda, Quito, 1950, 1962, 1974, 1982

**Vulnérabilités**

*La population est vulnérable par le seul fait de vivre dans des régions dangereuses. Elle l'est plus ou moins selon la nature de la menace et l'intensité du risque et c'est de cette vulnérabilité là dont il est question, dans le meilleur des cas, dans les travaux de planification préventive. Or, et de nombreuses situations comme celle qui a été vécue à Armero l'ont démontré (D'ERCOLE, 1989), le facteur humain est très souvent à l'origine des grandes catastrophes.*

*La vulnérabilité des populations est en fait multiforme. Outre le comportement du volcan, elle dépend également de nombreux comportements, celui de la technique (comme les systèmes d'alerte), celui des hommes, des scientifiques, des autorités politiques, administratives et de protection civile, des médias, celui encore des populations directement concernées (D'ERCOLE, 1991). Nous présentons ici quelques aspects de cette vulnérabilité, à partir de la perception du risque et de facteurs économiques et sociaux susceptibles d'influer sur le comportement des populations lors d'une situation d'urgence.*

*La perception du risque personnel, c'est-à-dire le fait de se sentir directement menacé par le volcan, est globalement faible dans la province du Pichincha (carte 2). Si l'on ne considère que la zone de risque majeur (et ailleurs les chiffres sont beaucoup plus faibles), moins de 35 % de la population affiche une perception du risque satisfaisante, ce qui est nettement inférieur aux 55 % de la population de la province du Cotopaxi installée dans le même type de zone (voir la carte concernant cette province). En raison de l'absence d'une expérience directe d'éruption, la différence s'explique essentiellement par une expérience indirecte transmise par une mémoire collective encore vivace dans la province du Cotopaxi. Alors que les populations de cette province (notamment celles de Mulaló et de Latacunga) ont été régulièrement et durement frappées dans le passé, il n'existe aucun souvenir (sauf à Rumipamba et à un moindre degré à Sangolquí dont les habitations étaient à l'époque situées en marge des secteurs affectés) des éruptions du Cotopaxi dans les régions qui, comme la vallée de los Chillos, étaient quasiment inoccupées alors mais en pleine expansion aujourd'hui.*

*Dans le détail, on notera que la perception du risque diminue sensiblement avec la distance : elle diminue également lorsqu'il existe des obstacles naturels, comme le Pasochoa, qui masquent le Cotopaxi à la vue, ou dans une même zone de risque, au fur et à mesure que l'on s'éloigne des ríos estimés dangereux (cas de San Rafael). La perception du risque varie également en fonction d'autres variables comme la catégorie socio-professionnelle, l'âge, le sexe ou le temps de résidence (D'ERCOLE, 1990 et 1991).*

*Outre la perception du risque, il est intéressant de considérer la nature des aléas jugés par les habitants de la province du Pichincha comme étant les plus dangereux pour la population (figure 3) que l'on peut utilement comparer avec ceux qui, selon les experts, la menacent réellement (tableau 1). Les retombées pyroclastiques sont le plus souvent citées, mais, plus surprenant, la lave au sens volcanologique du terme, est indiquée par plus de la moitié des personnes alors que celle-ci, comme cela a été signalé, ne présente aucun danger. Par ailleurs les coulées de boue ou les lahars, de loin les plus dangereux, ne sont cités que par guère plus du tiers des personnes interrogées.*

*La perception de la menace et du risque personnel constitue un important facteur de comportement. Dans le cas présent, elle dénote l'état de sous-information de la population auquel il est urgent de remédier. D'autres facteurs de comportement ont également été étudiés parmi lesquels les caractéristiques économiques et sociales de la population. En l'état actuel des choses, les populations les plus défavorisées ainsi que celles qui affichent une faible confiance vis-à-vis des pouvoirs publics et qui coïncident généralement avec les premières, poseront inévitablement de gros problèmes si une évacuation était rendue nécessaire.*

*La figure 4 réalisée à partir d'une analyse statistique multivariée (D'ERCOLE, 1991), présente de manière synthétique l'état de vulnérabilité de la population installée dans la zone de risque majeur de lahars des dix paroisses considérées, compte tenu du niveau de perception du risque et de l'existence de facteurs économiques et sociaux pouvant constituer des obstacles à un ordre d'évacuation éventuel. Il apparaît ainsi que la population de la ville de Sangolquí est la moins vulnérable, que la vulnérabilité de San Rafael est essentiellement liée à une faible perception du risque. La perception du risque est nettement plus élevée à Machachi et à Rumipamba mais là interviennent les facteurs économiques et sociaux. Les autres paroisses (y compris la partie rurale de Sangolquí) se caractérisent par une faible à très faible perception du risque mais, à quelques nuances près, occupent sur le schéma une position centrale vis-à-vis du problème économique et social, ce qui signifie que la population de ces paroisses est socialement diversifiée. Il s'agit en effet, pour l'essentiel, de paroisses occupées depuis peu par une population relativement aisée provenant de Quito mais comportant également des noyaux anciens de peuplement.*

**PERSPECTIVES**

*Le problème de la vulnérabilité de la population de la province du Pichincha n'a été abordé ici que de manière très partielle. Il a été néanmoins possible d'en présenter différentes facettes et surtout de montrer que le risque n'est pas seulement d'ordre physique.*

*Il apparaît d'autre part qu'en dépit des efforts engagés depuis quelques années par les autorités équatoriennes afin de réduire les effets des catastrophes naturelles, la population est loin d'être prête pour affronter une situation d'urgence liée à une possible éruption du Cotopaxi. Une préparation de celle-ci, adaptée à ses caractéristiques économiques, sociales et culturelles, adaptée également aux niveaux et aux types de vulnérabilité et fondée sur de solides bases locales, est à la fois nécessaire et urgente.*

**Vulnerabilidades**

La población es vulnerable por el solo hecho de vivir en regiones peligrosas. Lo es menos o más según la naturaleza de la amenaza y la intensidad del riesgo y, en el mejor de los casos, es esta vulnerabilidad la considerada en los trabajos de planificación preventiva. Ahora bien, y numerosas situaciones como la que fue vivida en Armero lo han demostrado (D'Ercole, 1989), el factor humano origina muy a menudo grandes catástrofes.

La vulnerabilidad de las poblaciones presenta en realidad múltiples formas. Además del comportamiento del volcán, depende igualmente de numerosos comportamientos, el de la técnica (como los sistemas de alerta), el de los hombres, de los científicos, de las autoridades políticas, administrativas y de protección civil, de los medios de comunicación, e incluso del de la población directamente concernida (D'Ercole 1991). Presentamos aquí algunos aspectos de esta vulnerabilidad, a partir de la percepción del riesgo y de factores económicos y sociales que pueden influir en el comportamiento de la población al producirse una situación de emergencia.

La percepción del riesgo personal, es decir el hecho de sentirse directamente amenazado por el volcán, es de manera general limitada en la provincia de Pichincha (mapa 2). Si se considera exclusivamente la zona de riesgo mayor (en otras partes las cifras son muy bajas), menos del 35 % de la población muestra una satisfactoria percepción del riesgo, valor claramente inferior al 55 % de la población de la provincia de Cotopaxi instalada en el mismo tipo de zona (ver figura sobre esa provincia). No existiendo una experiencia directa de erupción, la diferencia se explica esencialmente por una experiencia indirecta transmitida por una memoria colectiva aún viva en la provincia de Cotopaxi. Mientras la población de esta última (en especial la de Mulaló y de Latacunga) ha sido golpeada regular y duramente en el pasado, no existe en cambio recuerdo alguno (salvo en Rumipamba y en un menor grado en Sangolquí en donde las viviendas estaban situadas en esa época en el margen de los sectores afectados) de las erupciones del Cotopaxi en la regiones que, como el valle de los Chillos, estaban casi desocupadas entonces pero que se hallan actualmente en plena expansión.

En detalle, se observará que la percepción del riesgo disminuye sensiblemente con la distancia, e igualmente cuando existen obstáculos naturales como el Pasochoa, que ocultan al Cotopaxi de la vista, o en una misma zona de riesgo, a medida que nos alejamos de los ríos estimados peligrosos (caso de San Rafael). La percepción del riesgo varía igualmente en función de otras variables como la categoría socio-profesional, la edad, el sexo o el tiempo de residencia (D'Ercole, 1990 y 1991).

Además de la percepción del riesgo, es interesante considerar la naturaleza de los peligros juzgados por los habitantes de la provincia de Pichincha como los más graves para la población (figura 3) que pueden ser comparados con los que, según los expertos, la amenazan realmente (cuadro 1). Las caídas de piroclastos son casi siempre citadas, pero, y es lo más sorprendente, la lava en el sentido vulcanológico del término es señalada por más de la mitad de las personas mientras que, como ya se indicó, no representa riesgo alguno. Por otra parte, los flujos de lodo o los lahars, muchísimo más peligrosos, son citados apenas por poco más de un tercio de las personas interrogadas.

La percepción de la amenaza y del riesgo personal constituye un importante factor de comportamiento. En el presente caso, denota un estado de sub-información de la población que es urgente remediar. Otros factores de comportamiento fueron igualmente estudiados, entre ellos las características económicas y sociales de la población. En el estado actual de las cosas, la población más desfavorecida así como aquella que muestra poca confianza en los poderes públicos y que coincide generalmente con la primera, plantearán evidentemente grandes problemas si una evacuación se volviera necesaria.

La figura 4, elaborada a partir de un análisis estadístico multivariable (D'Ercole, 1991), presenta de manera sintética el estado de vulnerabilidad de la población instalada en la zona de riesgo mayor de lahars de las diez parroquias consideradas, dados el nivel de percepción del riesgo y la existencia de factores económicos y sociales que pueden constituir obstáculos a una eventual orden de evacuación. Se revela así que la población de Sangolquí es la menos vulnerable, que la vulnerabilidad de San Rafael está esencialmente ligada a una baja percepción del riesgo. Esta es claramente más elevada en Machachi y en Rumipamba pero allí intervienen los factores económicos y sociales. Las demás parroquias (incluyendo la parte rural de Sangolquí) se caracterizan por una percepción del riesgo baja a muy baja, pero, con algunos matices, ocupan en el esquema una posición central frente al problema económico y social, lo cual significa que la población de estas parroquias es socialmente diversificada. Se trata en efecto, esencialmente, de parroquias ocupadas desde hace poco por una población relativamente acomodada proveniente de Quito pero que comprende igualmente núcleos antiguos de poblamiento.

**PERSPECTIVAS**

El problema de la vulnerabilidad de la población de la provincia de Pichincha no ha sido abordado aquí sino de manera parcial. Fue sin embargo posible presentar diferentes facetas de tal vulnerabilidad y sobre todo mostrar que el riesgo no es solamente de orden físico.

Se revela por otra parte que a pesar de los esfuerzos desplegados desde hace algunos años por las autoridades ecuatorianas a fin de reducir los efectos de las catástrofes naturales, la población dista mucho de estar lista para afrontar una situación de emergencia ligada a una posible erupción del Cotopaxi. Una preparación de la misma, adaptada a sus características económicas, sociales y culturales, al igual que a los niveles y los tipos de vulnerabilidad, y fundada en sólidas bases locales es a la vez necesaria y urgente.

EL VOLCÁN COTOPAXI Y LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO PERSONAL  
LE VOLCAN COTOPAXI ET LA PERCEPTION DU RISQUE PERSONNEL

Mapa 2 Percepción del riesgo personal frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi  
Carte 2 Perception du risque personnel lié à une éventuelle éruption du volcan Cotopaxi

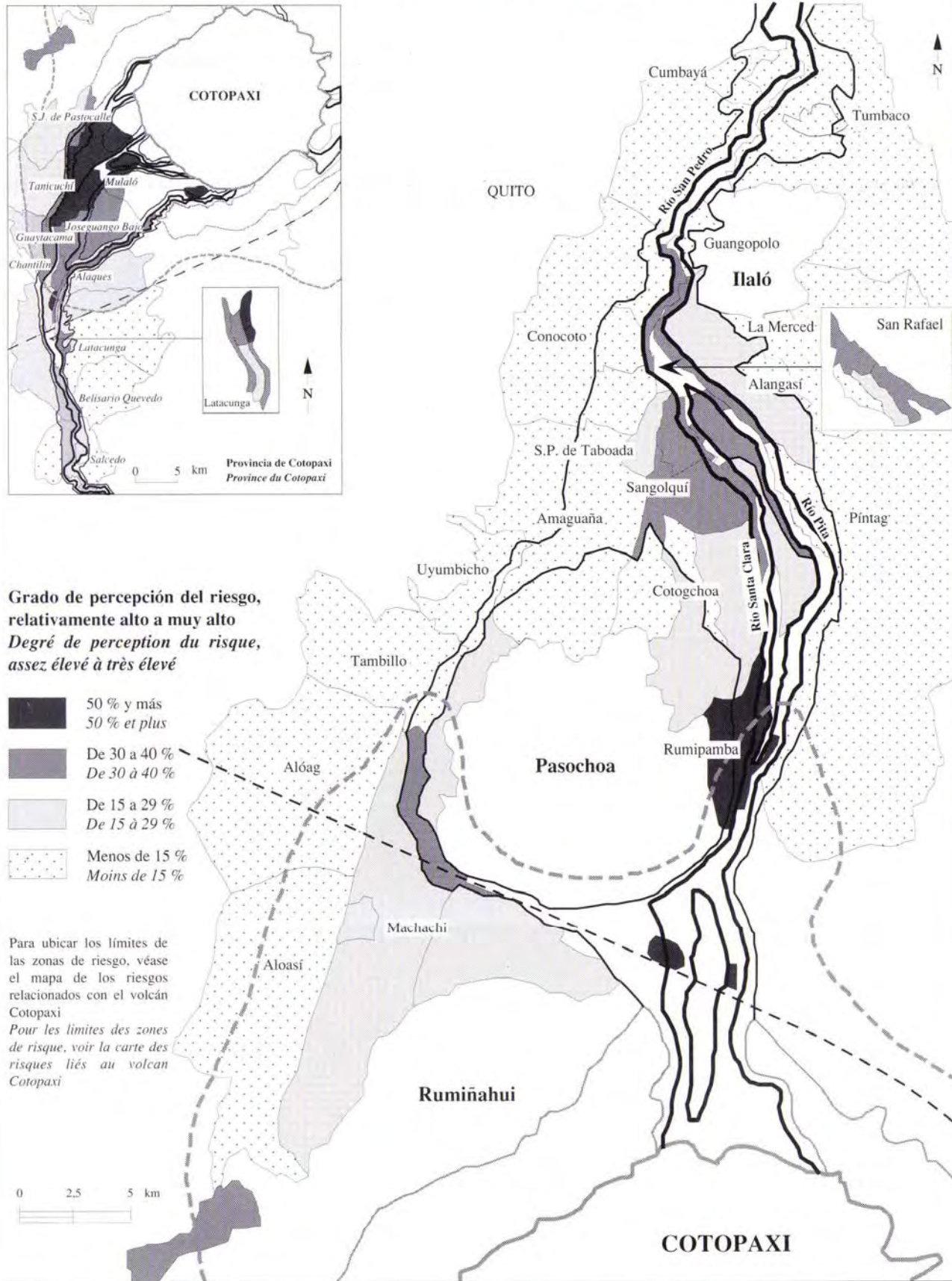
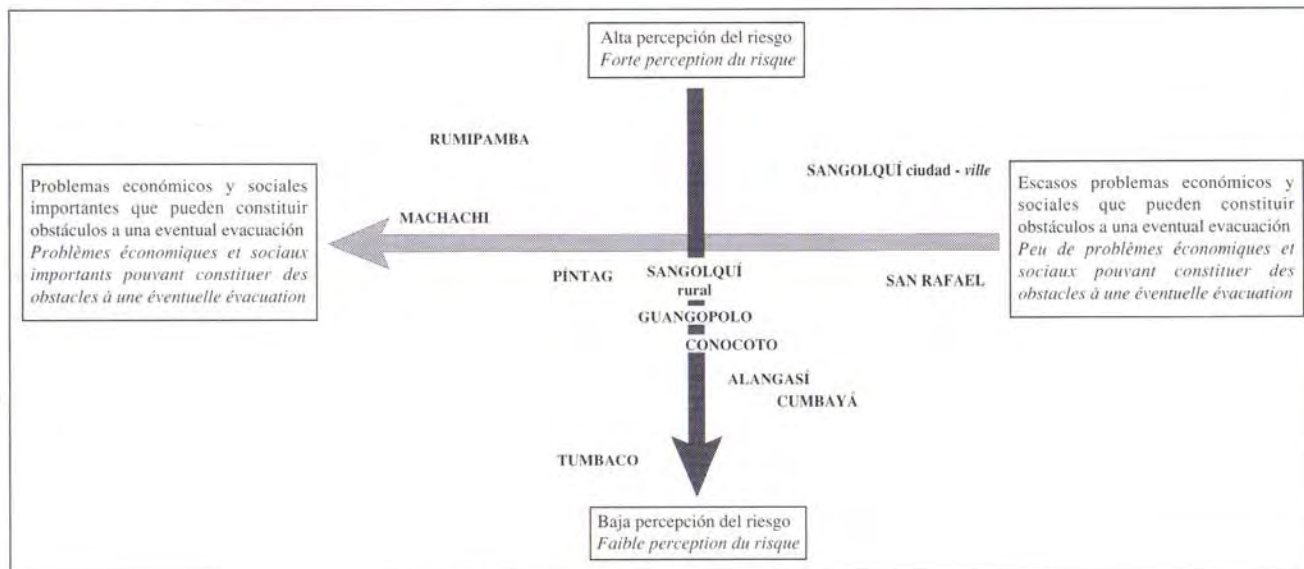


Figura 4 Vulnerabilidad de la población de varias parroquias de la provincia de Pichincha frente a una eventual erupción del volcán Cotopaxi (población entrevistada en zona de riesgo mayor de lahars)  
Figure 4 Vulnérabilité de la population de diverses paroisses de la province du Pichincha face à une éventuelle éruption du volcan Cotopaxi (population interrogée dans la zone de risque majeur de lahars)

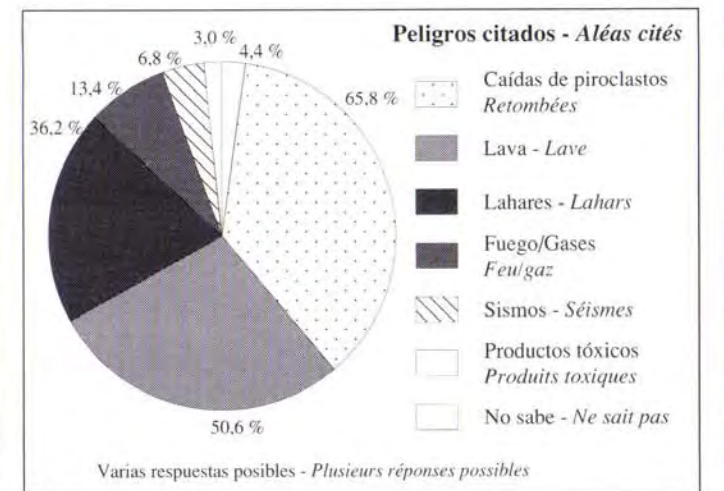


Cuadro 1 Lo vivido: población de la provincia de Pichincha potencialmente amenazada por el volcán Cotopaxi según el tipo de peligro  
Tableau 1 Le vécu : population de la province du Pichincha potentiellement menacée par le volcan Cotopaxi selon le type de menace

Peligros Aléas	Personas amenazadas Personnes menacées	%
Flujos de lava Coulées de lave	—	0
Caídas de piroclastos (1) Retombées (1)	22 600 25 400	15,1 13,7
Flujos piroclásticos (2) Écoulements pyroclastiques (2)	200 250	0,1 0,1
Avalanchas de escombros Débris avalanches	23 500 26 600	15,7 14,3
Lahares Lahares	75 100 95 000	50,3 51,2
Por lo menos un peligro Au moins un aléa	99 500 122 500	66,6 66,1
POBLACIÓN TOTAL (3) POPULATION TOTALE (3)	149 292 185 400	100 100

(1) Riesgo mayor - Risque majeur  
(2) Riesgo menor - Risque mineur  
(3) Población de las 18 parroquias representadas en los mapas 1 y 2  
Population des 18 paroisses représentées sur les cartes 1 et 2  
En letras normales: población de 1982; en negrita: población de 1988 (estimada) - En caractères normaux : population de 1982 ; en caractères gras : population estimée en 1988

Figura 3 Lo percibido: peligros mayores del Cotopaxi para la población según los habitantes de la Provincia de Pichincha ( 1.137 encuestas)  
Figure 3 Le perçu : aléas les plus dangereux pour la population selon les habitants de la province du Pichincha (1 137 enquêtes)



Fuentes: Sources :  
La información en que se basan los mapas y gráficos de esta página proviene de una campaña de encuestas realizada en 1988/1989 (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)  
Pour tous les documents de cette page : campagne d'enquêtes réalisée en 1988/1989 (D'Ercole, R., Grenoble, 1991)

Figura 4 - Figure 4  
Según un análisis factorial elaborado a partir de los datos extraídos de las encuestas realizadas en 1988/1989 - d'après une analyse factorielle réalisée à partir de données issues des enquêtes menées en 1988/1989

**ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE - ORIENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

- D'ERCOLE, R., (1989), « La catastrophe del Nevado del Ruiz ¿Una enseñanza para el Ecuador? El caso del Cotopaxi », *Estudios de Geografía*, vol. 2: Riesgos naturales en Quito: lahares, aluviones y derrumbes del Pichincha y del Cotopaxi, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Corporación Editora Nacional, Quito, p. 5-32.
- D'ERCOLE, R. (1990), *Investigación geo-sociológica para la preparación de la población frente al peligro volcánico. El caso del volcán Cotopaxi y su incidencia regional*, (document préliminaire), Defensa Civil del Ecuador-Institut Français d'Études Andines, Quito, 60 p.
- D'ERCOLE, R. (1991), *Vulnérabilité des populations face aux risques volcaniques. L'exemple de la région du Cotopaxi (Équateur)*, Grenoble, 460 p., thèse de doctorat, mention géographie, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier.
- HALL, M.L. (1987), « Peligros potenciales de las erupciones futuras del volcán Cotopaxi », *Politécnica*, volumen XII, nº 2, monografía de geología 5, Quito, Ecuador, p. 41-80.
- HALL, M.L., VON HILLEBRANDT, C.G. (1988), *Mapa de los peligros volcánicos potenciales asociados con el volcán Cotopaxi, zona norte y zona sur*, 1:50.000, proyecto UNDRO-USAID-EPN, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

La ville de Quito subit de fréquents accidents morphoclimatiques liés aux excès d'écoulement de l'eau, dont le rythme d'occurrence et la localisation des zones les plus souvent affectées n'étaient pas connus. Leur étude historique a été conduite à partir des journaux — seule source ayant conservé la mémoire de ces phénomènes en l'absence d'archives spécialisées. Le dépouillement du principal quotidien de la capitale depuis 1900 (*El Comercio*) fait apparaître 317 événements climatiques ayant causé suffisamment de dégâts pour être pris en compte. Une partie de ces événements ont affecté plusieurs lieux dans la ville, et ce sont en réalité 567 accidents morphoclimatiques urbains qui ont été enregistrés en 87 années, soit plus de cinq par an, qui n'ont pas tous la même ampleur ni la même gravité.

Les limites de l'étude sont de deux ordres : d'une part, l'état du réseau d'égouts peut varier dans le temps selon la qualité de son entretien, et augmenter ou diminuer la fréquence des accidents indépendamment des variations du climat ; d'autre part, les nouveaux aménagements de la périphérie lors de la croissance urbaine pourront faire apparaître de nouvelles zones sensibles, éventuellement non identifiées par l'approche historique. Celle-ci n'en fournit pas moins une bonne base d'étude pour la gestion de l'environnement urbain.

## PROBLÉMATIQUE

Ces accidents, de gravité modérée au regard des risques volcaniques et sismiques qui menacent également la ville, sont très fréquents, et l'on sait qu'ils affecteront très probablement plusieurs quartiers de la ville à l'échéance d'une ou de quelques années ; ils posent de sérieux problèmes de gestion de l'environnement urbain, qui sont partiellement accessibles à la prévention par l'aménagement de la ville et la gestion de sa croissance.

Il a donc semblé intéressant d'étudier le passé de ces phénomènes à la manière des études menées par les sismologues sur les tremblements de terre historiques. En domaine urbain, où la modification radicale de l'environnement interfère nécessairement avec les causes climatiques et celles liées à la nature des formations superficielles, l'approche purement géomorphologique permet en effet difficilement d'aboutir à des conclusions utilisables en termes de gestion du milieu urbain, et c'est la connaissance du passé qui fournit les meilleures informations.

## ÉLABORATION

Le travail d'identification géographique des accidents, réalisé sur les fiches-résumé des articles de journaux, présente des difficultés : les localisations indiquées par le journaliste sont souvent peu précises, constituées de quelques noms de rue, ou de celui d'un ou deux quartiers plus ou moins bien identifiés par ses habitants, à défaut de l'être correctement sur les plans ; mais aussi il est parfois difficile de déterminer si une zone assez ample, affectée par l'excès d'eau, constitue un seul ou plusieurs foyers d'accidents, et la part d'appréciation reste grande dans cet exercice.

Chaque événement a été cartographié au mieux des indications de localisation que fournissait chaque article, en respectant toujours le principe de ne retenir qu'une hypothèse minimale chaque fois que l'extension précise de l'accident ne pouvait être reconstituée avec précision. L'ensemble des inondations, crues boueuses et effondrements de chaussée survenus de 1900 à 1988 est représenté sur la carte principale, de même que les quebradas et un fond urbain simplifié ; les éboulements, qui ne répondent pas à une logique directement liée à l'intensité des pluies, ont fait l'objet d'une cartographie séparée (figure 4 B).

## COMMENTAIRE

### 1. Quatre types d'accidents

Les **inondations** traduisent directement l'insuffisance chronique du réseau de drainage lors des fortes précipitations. Les averses étant d'autant plus localisées qu'elles sont intenses, ces inondations n'ont habituellement qu'une extension limitée dans l'espace et ne durent guère plus de deux à quatre heures. Les eaux excédant la capacité des égouts empruntent les rues en pente et s'accumulent quelque temps dans les rues transversales et dans les zones basses ; elles atteignent couramment 30 à 60 cm de hauteur, rarement plus. L'extension varie de quelques pâtés de maisons au quartier tout entier sur les pentes faibles, mais l'inondation peut affecter des secteurs plus vastes dans les zones planes de la « plaine de Quito » (figures 3 et 4 B).

Ces inondations sont très fréquentes avec 226 événements relevés sur l'ensemble de la période, et sont en général liées au tracé des anciennes quebradas (tableau II). Elles ne provoquent ordinairement que des dégâts relativement peu importants : rez-de-chaussée mouillés, quelques maisons précaires abîmées ou parfois détruites, usure accélérée des chaussées ; dans tous les cas, elles paralysent la circulation dans la ville.

Les **crues boueuses** sont moins fréquentes (70 accidents relevés) mais nettement plus destructrices que les inondations (tableau II). Il s'agit de coulées de boue ou plus fréquemment de crues à forte charge solide ; outre la boue déposée sur 30 à 60 cm d'épaisseur, des pierres, blocs et troncs d'arbres sont également entraînés par le flux dans les cas les plus graves. L'extension varie de quelques centaines de mètres de longueur à 3, voire 4 kilomètres, sur 100 à 400 mètres de largeur (pour une description plus détaillée d'une crue boueuse et de ses effets, cf. De Noni, B. et G. ; Fernández, M. A. ; Peltre, P., 1986). Les dégâts peuvent être importants, avec destruction partielle de maisons, de voitures et d'équipement de voirie, colmatage du réseau d'égouts sur des surfaces importantes et parfois pertes de vies humaines, comme dans l'accident de la Gasca du 25 février 1975, célèbre à Quito, où il y eut deux morts.

La ciudad de Quito soporta frecuentes accidentes morfoclimáticos ligados a los excesos de flujos de agua. El ritmo de ocurrencia de tales accidentes y la localización de las zonas más a menudo afectadas no eran conocidos. Su estudio histórico fue realizado a partir de los diarios — única fuente que ha conservado la memoria de estos fenómenos a falta de archivos especializados. Un detenido análisis del principal diario de la capital (*El Comercio*) desde 1900 revela 317 eventos climáticos que han causado suficientes daños como para ser tomados en cuenta. Parte de esos fenómenos afectaron a varios lugares de la ciudad, y son en realidad 567 los accidentes morfoclimáticos urbanos registrados en 87 años (más de 5 por año). No todos han tenido la misma magnitud ni la misma gravedad.

Los límites del estudio son de dos órdenes: por una parte, el estado de la red de alcantarillado puede variar en el tiempo según la calidad de su mantenimiento, y aumentar o disminuir la frecuencia de los accidentes, independientemente de las variaciones del clima; por otra parte, los nuevos acondicionamientos de la periferia ligados al crecimiento de la ciudad podrán hacer aparecer nuevas zonas sensibles, eventualmente no identificadas por el análisis histórico. No por ello, este último deja de ser una buena base de estudio para el manejo del entorno urbano.

## PROBLEMÁTICA

Estos accidentes, de gravedad moderada en relación a los riesgos volcánicos y sísmicos que amenazan igualmente a Quito, son muy frecuentes, y se sabe que, de aquí a uno o varios años, afectarán probablemente a algunos barrios de la ciudad; plantean serios problemas de manejo del entorno urbano, que podrían parcialmente ser prevenidos mediante el acondicionamiento de la ciudad y el manejo de su crecimiento.

Pareció entonces interesante estudiar el pasado de esos fenómenos a la manera de los estudios realizados por los sismólogos sobre los terremotos históricos. En el campo urbano, en donde la modificación radical del entorno interfiere necesariamente con las causas climáticas y las ligadas a la naturaleza de las formaciones superficiales, el enfoque puramente geomorfológico permite difícilmente llegar a conclusiones utilizables en términos de manejo del medio urbano, y es el conocimiento del pasado el que proporciona las mejores informaciones.

## ELABORACIÓN

El trabajo de identificación geográfica de los accidentes, realizado en fichas-resumen de los artículos del diario, presentó ciertas dificultades: las localizaciones indicadas por los periodistas son a menudo poco exactas, y consisten en algunos nombres de calles o uno o dos barrios más o menos bien identificados por sus habitantes, sin estar correctamente ubicadas en los planos. Además, es a veces difícil determinar si una zona bastante amplia, afectada por el exceso de agua, constituye uno o varios focos de accidentes, por lo que la apreciación juega en este aspecto un papel importante.

Cada evento fue cartografiado de la mejor manera posible en base a las indicaciones de localización proporcionadas en cada artículo, respetando siempre el principio de no retener sino una hipótesis mínima cada vez que la extensión exacta del accidente no podía ser reconstituída con precisión. Todas las inundaciones, aluviones y hundimientos de calzada acaecidos de 1900 a 1988 están representados en el mapa principal, al igual que las quebradas y una base de plano urbano simplificada; los derrumbes, que no responden a una lógica directamente ligada a la intensidad de las lluvias, fueron objeto de una cartografía por separado (figura 4 B).

## COMENTARIO

### 1. Cuatro tipos de accidentes

Las **inundaciones** traducen directamente la insuficiencia crónica de la red de drenaje cuando se producen fuertes precipitaciones. Al ser los aguaceros más localizados cuando son más intensos, estas inundaciones no tienen habitualmente sino una extensión limitada en el espacio durando apenas de dos a cuatro horas. Las aguas que exceden la capacidad de las alcantarillas toman las calles en pendiente y se acumulan algún tiempo en las transversales y en las zonas bajas; alcanzan comúnmente 30 a 60 cm de altura, rara vez más. La extensión varía de algunas manzanas al barrio entero en las áreas de pendientes débiles, pero la inundación puede afectar a sectores más vastos en las zonas planas de la « llanura de Quito » (figuras 3 y 4 B).

Estas inundaciones son muy frecuentes — 226 eventos registrados en todo el período — y están en general ligadas al trazado de las antiguas quebradas (cuadro II). No provocan por lo general sino daños relativamente poco importantes: plantas bajas mojadas, algunas viviendas precarias dañadas o a veces destruidas, desgaste acelerado de las calzadas; en todos los casos, paralizan la circulación en la ciudad.

Los **aluviones** son menos frecuentes — 70 accidentes registrados — pero claramente más destructores que las inundaciones (cuadro II). Se trata de flujos de lodo o más frecuentemente de crecidas con una importante carga sólida; además del lodo depositado en 30 a 60 cm de espesor, piedras, bloques y troncos de árbol son igualmente acarreados por el flujo en los casos más graves. La extensión varía de algunos centenares de metros de largo a 3 y hasta 4 kilómetros en 100 a 400 m de ancho (ver De Noni, B. y G.; Fernández, M. A.; Peltre, P., 1986, para una descripción detallada de un aluvión y de sus efectos). Los daños pueden ser importantes, con destrucción parcial de las viviendas, de vehículos y de equipamientos de la red vial, taponamiento de la red de alcantarillado en superficies importantes, y a veces pérdidas de vidas humanas, como en el caso del accidente de la Gasca del 25 de febrero de 1975, célebre en Quito, en el que hubo dos muertos.

Ce sont des accidents de la périphérie de la ville, directement liés au tracé des actuelles quebradas. L'analyse des compte-rendus indique qu'à leur entrée dans la ville, les flux correspondent dans presque tous les cas à des crues boueuses liées à des averses violentes très localisées, de fréquence de retour relativement rare (décennale ou plus) (figures 3 et 4).

Les **effondrements de chaussée**, dus à la rupture d'égouts défectueux dans le matériau de remblaiement des anciennes quebradas, sont des accidents plus rares (36 depuis 1900, tableau II), mais spectaculaires ; ils frappent tout particulièrement l'imaginaire collectif (figures 3 et 4 A).

Leur mécanisme est lié à l'érosion souterraine dans des conditions assez particulières : lors d'une forte précipitation, sous l'effet de la forte pression atteinte par les eaux dans ses secteurs pentus, la rupture d'un collecteur d'égout produit un écoulement parallèle au collecteur dans les matériaux peu compacts de remblaiement d'une quebrada. Cet écoulement poursuit un lent travail d'évacuation des sables et limons et creuse progressivement une cavité sous la chaussée ; pendant un certain temps, cette dernière résiste grâce au compactage des couches superficielles et passe complètement inaperçue. La voûte cède brusquement, parfois sous le poids d'un véhicule, lorsque la cavité s'est suffisamment agrandie, ouvrant dans les avenues des ravins spectaculaires (affouillements souterrains) qui peuvent atteindre 20 mètres de profondeur et autant de largeur sur 150 mètres de long.

Les **éboulements** sont des accidents assez fréquents (114 répertoriés, tableau II), beaucoup plus ponctuels, qui affectent les quartiers construits sur des pentes fortes. Ce sont des morceaux de talus hauts de quelques mètres, d'un volume limité, qui s'écroulent, emportant quelques maisons ou enterrant celles qui se trouvent en aval. Ils sont liés à l'affaiblissement de la cohérence des cendres volcaniques par l'humidité en bordure des talus mal étayés et mal drainés ; il ne s'agit pas de boue, mais de masses de terre humide qui ne parcourent que de petites distances. Pour être très localisés, ils n'en sont pas moins graves puisqu'ils provoquent le plus souvent des destructions de maisons ; il s'agit en fait des accidents les plus meurtriers avec plus de 80 morts au cours de la période (figure 4 B).

La cartographie des fréquences d'accidents repère toutes les zones touchées depuis 1990 dans la ville ; elle souligne la position de piedmont de la plupart des crues boueuses, alors que les inondations affectent plutôt les pentes faibles. De nouvelles zones pourraient apparaître dans l'avenir, notamment dans le sud si la croissance urbaine persiste à remblayer les quebradas.

Les trois premiers types d'accidents sont directement dus au remblaiement des quebradas et à l'insuffisante capacité d'évacuation des égouts. L'étude réalisée par CMD (1977) sur 19 quebradas de l'avenue Occidentale indique un fort déficit d'évacuation de la crue décennale sur 12 d'entre elles, dont les plus importantes figurent dans le tableau I.

Tableau I

Quebrada	Rumiurcu	Atucuchu	Pulida Chica	Rumi-pamba	Manzana-chupa	Caicedo
Débit décennal (m <sup>3</sup> /s)	38,8	11,3	11,7	24,9	4,5	5,7
Capacité d'égout (m <sup>3</sup> /s)	13,6	3,4	4,0	8,5	3,2	4,5

Sources : - De Noni, B. et G.; Fernández, M. A.; Peltre, P., Quito, 1986, p. 3  
- CDM, Quito, 1977, chap. 14

## 2. L'analyse historique du risque

La fréquence mensuelle des accidents sur l'ensemble de la période, rapportée à la moyenne mensuelle des précipitations sur 89 années (Alulema, R.; Ojeda, F.; Nouvelot, J.-F.; Pourrut, P., Quito, 1985) montre une bonne corrélation (figure 1), et confirme que ce sont bien à des accidents du drainage du site urbain que l'on a affaire, dont les maxima suivent étroitement ceux des précipitations mensuelles moyennes.

Le tableau II indique le nombre d'accidents survenus pour trois périodes de la croissance urbaine. Les inondations y ont été comptées par événement pluviométrique journalier ayant causé des problèmes, pour ne pas en surestimer l'importance du fait de leur grande extension spatiale ; les trois autres types d'accidents, mieux localisés, ont été comptés par foyer géographique. Certains accidents étant localisés à cheval sur deux zones, les totaux ont été donnés sans double compte.

Tableau II

Zone construite	avant 1900	de 1900 à 1947	de 1947 à 1986	Total*
Nombre d'accidents				
Inondations**	89	82	62	163
Crues boueuses	24	18	31	70
Éboulements	56	21	38	114
Effondrements	21	6	9	36
<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>127</b>	<b>140</b>	<b>383</b>

\* Sans double compte par zone de croissance  
\*\* Nombre d'événements pluviométriques journaliers

L'histogramme des fréquences annuelles d'accidents (figure 2) a été tracé à partir du fichier des 567 foyers localisés selon trois zones successives de croissance urbaine : le noyau historique existant en 1900, les zones construites au nord et au sud de ce noyau entre 1900 et 1947, et enfin celles apparues entre 1947 et 1986 ; comme pour le tableau II, les inondations y ont été comptées par événement pluviométrique journalier pour ne pas les surestimer du fait de leur superficie. Les histogrammes indiquent un déplacement, au fil du temps, des fortes fréquences depuis la zone bâtie la plus ancienne vers la plus récente, ainsi qu'un glissement des

Son accidentes de la periferia de la ciudad, directamente ligados al trazado de las actuales quebradas. El análisis de los informes indica que a su entrada en la ciudad, los flujos corresponden en casi todos los casos a aluviones ligados a violentos aguaceros muy localizados, de frecuencia de retorno relativamente rara (decenal o mayor) (figuras 3 y 4).

Los **hundimientos de calzada**, debidos a la ruptura de alcantarillas defectuosas en el material de relleno de las antiguas quebradas, son accidentes más raros — 36 desde 1900, cuadro II — pero espectaculares y marcan de manera particular la memoria colectiva (figuras 3 y 4 A).

Su mecanismo está ligado a la erosión subterránea en condiciones bastante particulares: al producirse una fuerte precipitación, bajo el efecto de la fuerte presión alcanzada por las aguas en los sectores empinados, la ruptura de un colector de alcantarilla produce un flujo paralelo al colector en los materiales poco compactos de relleno de una quebrada. Este flujo prosigue un lento trabajo de evacuación de las arenas y limos y cava progresivamente una cavidad bajo la calzada; durante un cierto tiempo, esta última resiste gracias al apisonamiento de las capas superficiales y pasa completamente desapercibida. La bóveda cede bruscamente, a veces bajo el peso de un vehículo, cuando la cavidad se ha agrandado lo suficiente, abriendo en las avenidas hondonadas espectaculares (derrumbos subterráneos) que pueden alcanzar 20 metros de profundidad e igual ancho en 150 metros de largo.

Los **derrumbes** son accidentes bastante frecuentes — 114 inventariados, cuadro II —, mucho más puntuales, que afectan a los barrios construidos en pendientes fuertes. Son pedazos de taludes de varios metros de alto, de un volumen limitado, que se derrumban, llevando a su paso algunas viviendas o enterrando a aquellas que se encuentran aguas abajo. Están ligados al debilitamiento de la cohesión de las cenizas volcánicas por la humedad al borde de los taludes mal apuntalados y mal drenados; no se trata de lodo, sino de masas de tierra húmeda que no recorren sino pequeñas distancias. Son muy localizados pero no por ello menos graves puesto que provocan muy frecuentemente destrucción de viviendas; se trata en realidad de los accidentes más mortíferos, habiendo provocado más de 80 víctimas durante el período analizado (figura 4 B).

La cartografía de las frecuencias de accidentes destaca todas las zonas de la ciudad afectadas desde 1900; subraya la posición de piedemonte de la mayoría de aluviones, mientras que las inundaciones conciernen sobre todo las pendientes débiles. En el futuro podrían aparecer nuevas zonas, especialmente en el Sur si el crecimiento urbano persiste en el relleno de las quebradas.

Los tres primeros tipos de accidentes son debidos directamente al relleno de las quebradas y a la insuficiente capacidad de evacuación de las alcantarillas. El estudio realizado por CMD (1977) en 19 quebradas de la avenida Occidental indica un importante déficit de capacidad de evacuación de la crecida decenal en 12 de ellas. Las más importantes constan en el cuadro I.

Cuadro I

Quebrada	Rumiurcu	Atucuchu	Pulida Chica	Rumi-pamba	Manzana-chupa	Caicedo
Caudal decenal (m <sup>3</sup> /s)	38,8	11,3	11,7	24,9	4,5	5,7
Capacidad de desagüe (m <sup>3</sup> /s)	13,6	3,4	4,0	8,5	3,2	4,5

Fuentes : - De Noni, B. y G.; Fernández, M. A.; Peltre, P., Quito, 1986, p. 32  
- CDM, Quito, 1977, cap. 14

## 2. El análisis histórico del riesgo

La frecuencia mensual de los accidentes durante todo el período estudiado, relacionada con el promedio mensual de las precipitaciones en 89 años (Alulema, R.; Ojeda, F.; Nouvelot, J.-F.; Pourrut, P., Quito, 1985) muestra una buena correlación (figura 1), y confirma que nos encontramos efectivamente ante accidentes de drenaje del sitio urbano, cuyos máximos siguen estrechamente a los de las precipitaciones mensuales promedio.

El cuadro II indica el número de accidentes ocurridos en tres períodos del crecimiento urbano. Las inundaciones fueron contabilizadas por evento pluviométrico diario que causó problemas, a fin de no sobreestimar la importancia debida a su gran extensión espacial; los tres otros tipos de accidentes, mejor localizados, fueron inventariados por foco geográfico. Algunos estaban localizados a horcajadas en dos zonas. Los totales no incluyen doble conteo.

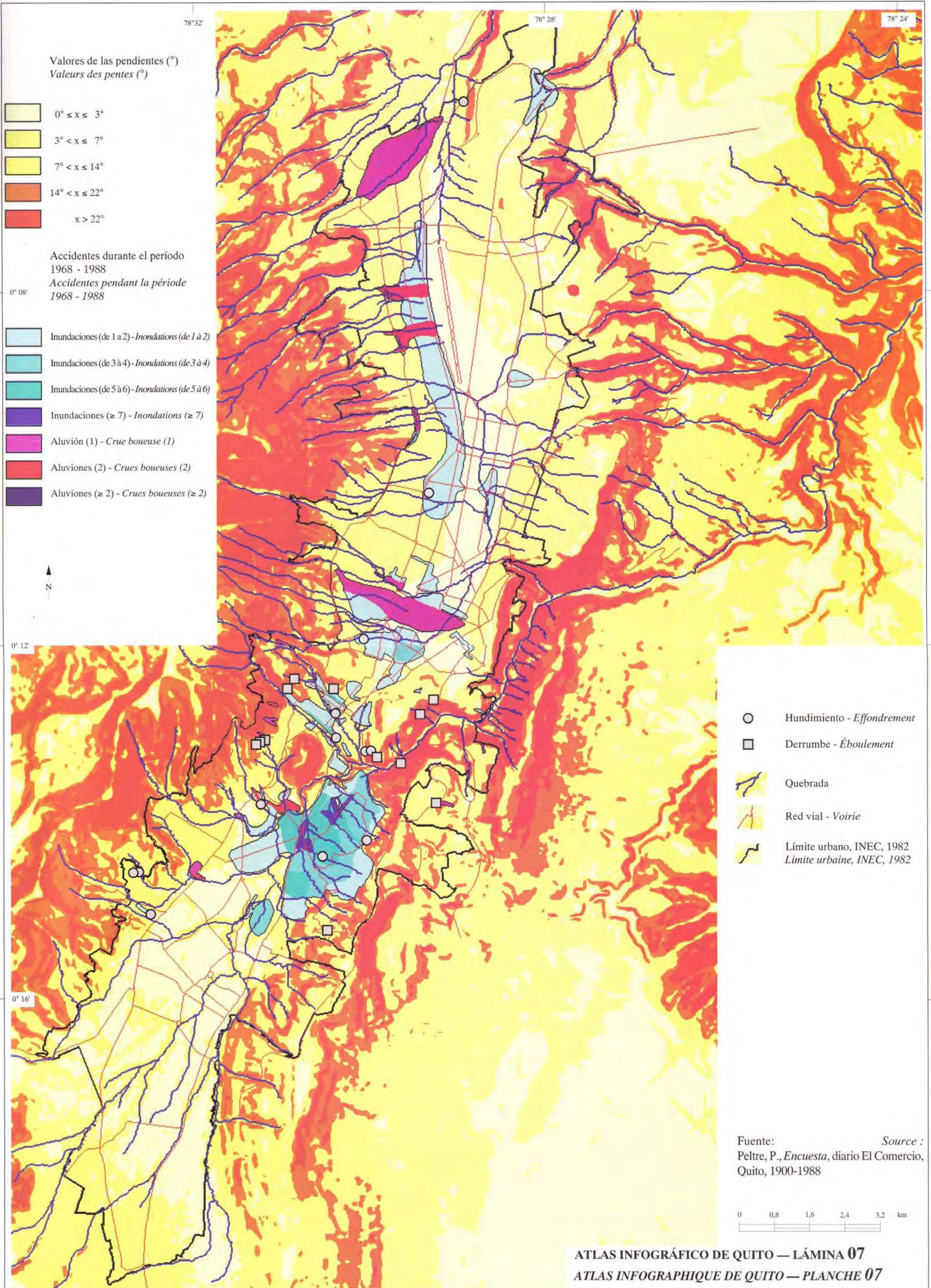
Cuadro II

Zona construida	antes de 1900	de 1900 a 1947	de 1947 a 1986	Total*
Número de accidentes				
Inundaciones**	89	82	62	163
Aluviones	24	18	31	70
Derrumbes	56	21	38	114
Hundimientos	21	6	9	36
<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>127</b>	<b>140</b>	<b>383</b>

\* Sin doble conteo por zona de crecimiento  
\*\* Número de eventos pluviométricos diarios

El histograma de las frecuencias anuales de accidentes (figura 2) fue trazado a partir del archivo de los 567 focos localizados, según tres zonas sucesivas de crecimiento urbano: el núcleo histórico que existía en 1900, las zonas construidas al Norte y al Sur de este núcleo entre 1900 y 1947, y finalmente las que surgieron entre 1947 y 1986; como en el caso del cuadro II, las inundaciones fueron contadas por evento pluviométrico diario para no sobreestimarlas por su importante superficie. Los histogramas indican un desplazamiento de las frecuencias altas, a lo largo del tiempo, de la zona construida más antigua hacia la más reciente, así como un

LOS ACCIDENTES MORFOCLIMÁTICOS (PERÍODO 1947-1986)  
 LES ACCIDENTS MORPHOCLIMATIQUES (PERIODE 1947-1988)



Fuente: Peltre, P., *Encuesta*, diario El Comercio, Quito, 1900-1988  
 Source: Peltre, P., *Encuesta*, diario El Comercio, Quito, 1900-1988

maxima dans la fréquence des éboulements et crues boueuses : nombreux dans le centre colonial jusqu'en 1930, ces accidents se raréfient ensuite et disparaissent presque après 1963, alors qu'ils sont fréquents dans la zone 1900-1947 et qu'ils constituent le maximum dans celle la plus récemment urbanisée.

La cartographie des accidents dans le temps (figure 3), cette fois construite sur l'ensemble des accidents géographiquement localisés (y compris tous les foyers d'inondation), confirme cette analyse : les crues boueuses, très présentes dans le Centre Historique entre 1900 et 1967, y disparaissent ensuite en raison de travaux d'assainissement. Au cours de la période 1968-88 elles sont localisées à la périphérie de la ville, ce qui apparaît nettement au sud du Panecillo, alors qu'au nord le phénomène est moins net, masqué par la grande extension des crues boueuses. Pourtant, dès le début du siècle on note des crues boueuses au pied des grandes quebradas du Pichincha, dans des zones non urbanisées où le drainage naturel a été encore peu touché ; ces accidents, affectant des ponts, des routes ou des villages de la périphérie rurale de la ville, marquent les zones naturellement sensibles où l'urbanisation n'aurait dû être développée qu'avec des précautions de contrôle du drainage, de préférence maintenu à ciel ouvert.

### 3. Gravité des accidents

Tous ces événements n'ont pas été également destructeurs. Ils ont donc été affectés d'un degré de gravité en quatre catégories selon des critères simples, facilement identifiables dans les descriptions qu'en faisait le quotidien (tableau III et figure 4) :

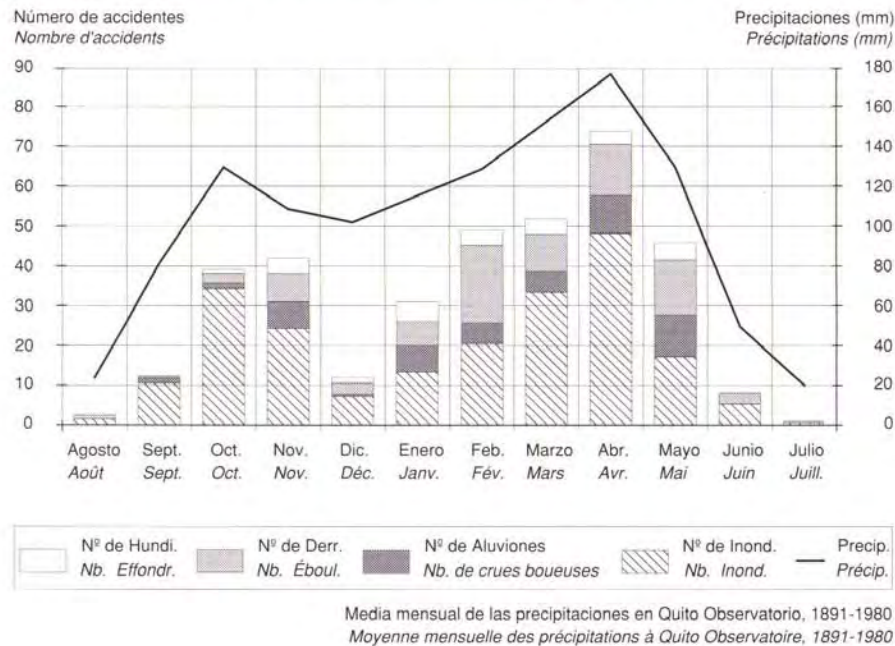
	gravité 0	gravité 1	Total
<b>Inondations</b>	0	15	15
<b>Crues boueuses</b>	4	20	24
<b>Effondrements</b>	2	3	5
<b>Éboulements</b>	1	26	27
<b>Total</b>	7	64	71

Tableau III

- 3 : gêne du trafic, dégâts légers
- 2 : dégâts matériels rapportés par le journaliste, gêne sévère du trafic
- 1 : existence de morts et blessés, dégâts matériels importants
- 0 : gravité et extension exceptionnelles

Au total, 71 accidents ont causé des dégâts importants ou très importants depuis 1900, ainsi que des morts et des blessés. Le dépouillement du fichier indique 168 morts, dont 82 sont dus aux seuls éboulements, 70 aux crues boueuses et 14 aux inondations. Mais les articles sont souvent imprécis, sous-estimant sans doute parfois le nombre des victimes, qui ne devrait cependant pas dépasser 250 depuis le début du siècle. La figure 4 indique la date des accidents les plus graves survenus (catégories 0 et 1) et leur distribution spatiale, laquelle ne change pas significativement par rapport à la carte de l'ensemble des accidents.

Figura 1 Frecuencia mensual de los accidentes en Quito 1900-1988  
Figure 1 Fréquence mensuelle des accidents à Quito 1900-1988



deslizamiento de los máximos en la frecuencia de los derrumbes y aluviones: numerosos en el centro colonial hasta 1930, tales accidentes se hacen luego más raros hasta casi desaparecer después de 1963, mientras que son frecuentes en la zona 1900-1947, y alcanzan el máximo en la más recientemente urbanizada.

La cartografía de los accidentes en el tiempo (figura 3), esta vez elaborada con el conjunto de los accidentes localizados geográficamente (incluyendo todos los focos de inundación), confirma este análisis: los aluviones, muy presentes en el Centro Histórico entre 1900 y 1967, desaparecen más tarde debido a la realización de obras de saneamiento. Durante el período 1968-1988, se localizan en la periferia de la ciudad, lo cual aparece claramente al Sur del Panecillo, mientras que al Norte el fenómeno es menos claro, ocultado por la gran extensión de los aluviones. Sin embargo, desde inicios del siglo, se observan aluviones al pie de las grandes quebradas del Pichincha, en zonas no urbanizadas en donde el drenaje natural no ha sido aún muy alterado; estos accidentes, que afectan a los puentes, a las carreteras o a pueblos de la periferia rural de la ciudad, marcan las zonas naturalmente sensibles en donde la urbanización no habría debido desarrollarse sin tomar precauciones de control del drenaje (preferentemente mantenido a cielo abierto).

### 3. Gravedad de los accidentes

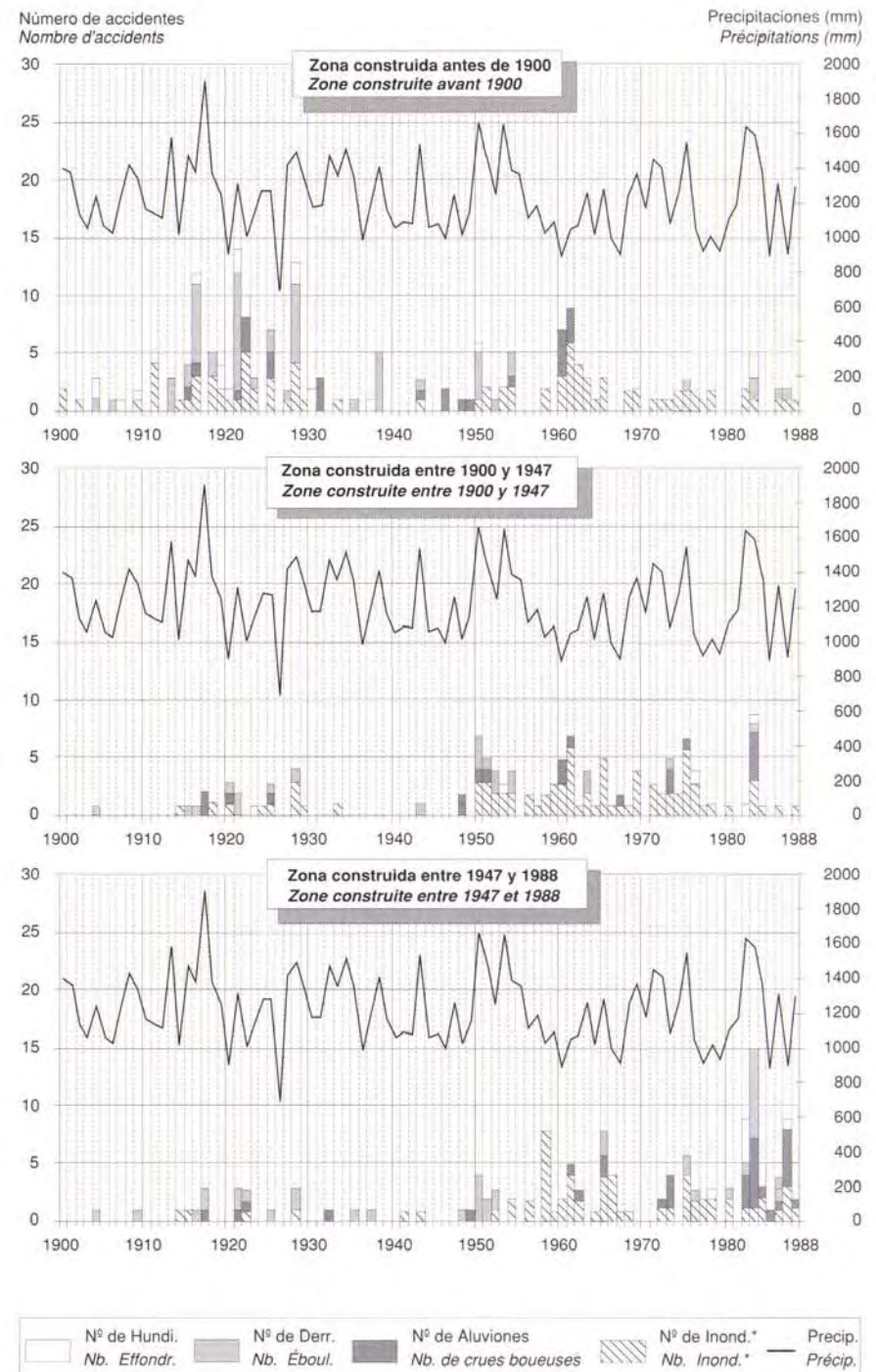
Todos estos eventos no han sido destructores en la misma medida. Se les ha asignado por lo tanto un grado de gravedad en cuatro categorías y según criterios simples, fácilmente identificables en las descripciones que de ellos hacía el diario (cuadro III y figura 4):

	gravidad 0	gravidad 1	Total
<b>Inundaciones</b>	0	15	15
<b>Aluviones</b>	4	20	24
<b>Hundimientos</b>	2	3	5
<b>Derrumbes</b>	1	26	27
<b>Total</b>	7	64	71

Cuadro III

- 3: estorbo al tráfico, daños menores
- 2: daños materiales reportados por la prensa, estorbo importante al tráfico
- 1: existencia de muertos y heridos, daños materiales importantes
- 0: gravedad y extensión excepcionales

En total, 71 accidentes han causado daños importantes o muy importantes desde 1900, así como muertos y heridos. Un detenido análisis del archivo indica 168 muertos, de los cuales 82 debidos a los solos derrumbes, 70 a los aluviones y 14 a las inundaciones. Pero los artículos son a menudo inexactos, en algunos casos subestiman probablemente el número de víctimas, que sin embargo no debería superar 250 desde inicios del siglo. La figura 4 indica la fecha de los accidentes más graves acaecidos (categorías 0 y 1) y su distribución espacial, la misma que no cambia significativamente con relación al mapa de todos los accidentes.



\* Las inundaciones son contabilizadas por evento pluviométrico  
\* Les inondations sont décomptées par événement pluviométrique



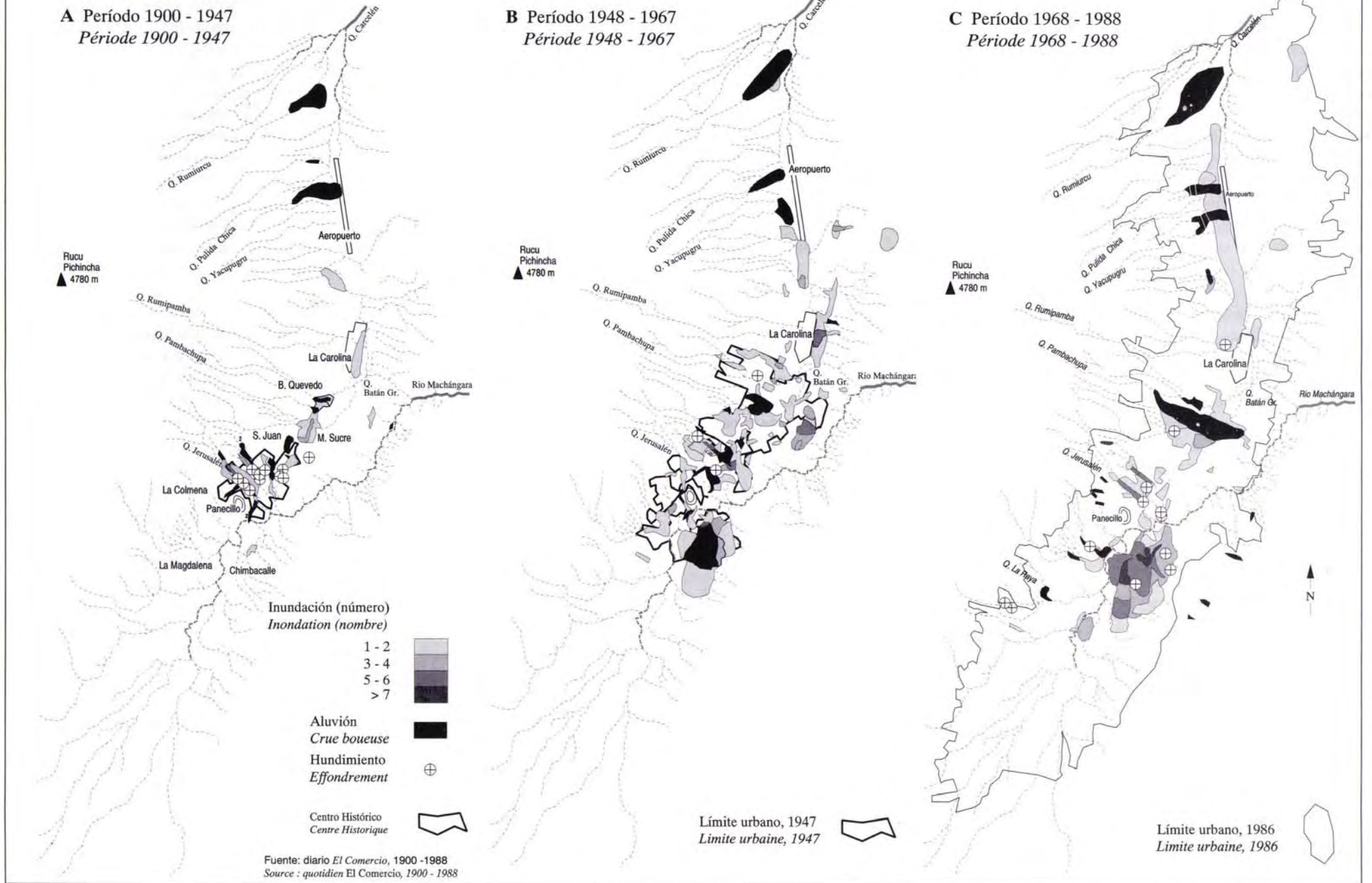
**Figura 3 Análisis histórico**  
**Figure 3 Analyse historique**

0 1,5 3 4,5 6 km

**A Período 1900 - 1947**  
**Période 1900 - 1947**

**B Período 1948 - 1967**  
**Période 1948 - 1967**

**C Período 1968 - 1988**  
**Période 1968 - 1988**

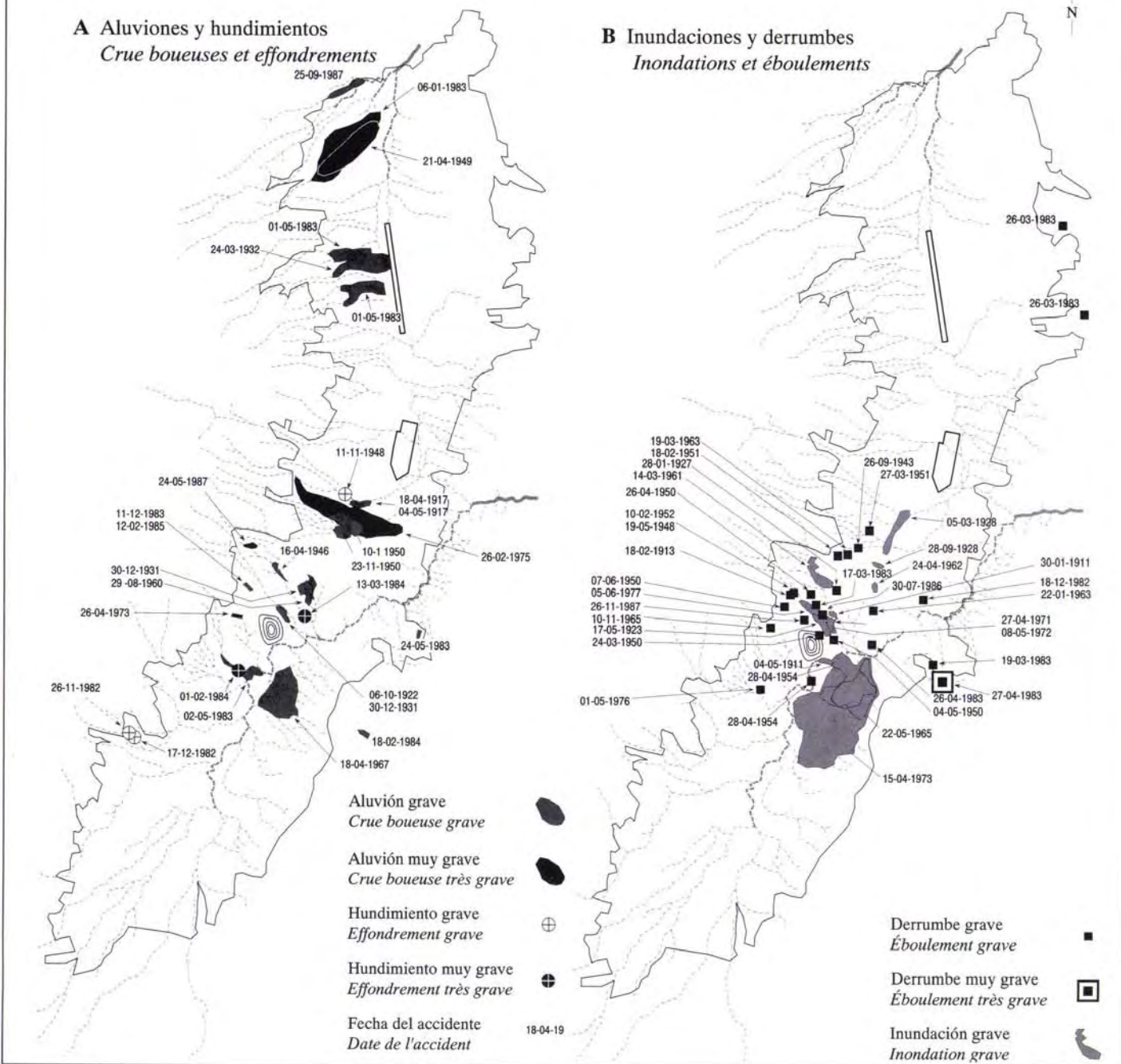


**Figura 4 Accidentes graves (1900 - 1988)**  
**Figure 4 Accidents graves (1900 - 1988)**

0 1,5 3 4,5 6 km

**A Aluviones y hundimientos**  
**Crue boueuses et effondrements**

**B Inundaciones y derrumbes**  
**Inondations et éboulements**



**ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE**  
**ORIENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

- CDM (Camp Dresser & Mac Kee Inc. y Consult. Ass. Ecuatorianos) (1977), *Planes maestros y Estudios de Factibilidad de los sistemas de agua potable y de alcantarillado*, USAID, Quito, 17 chap., 500 p. env.
- DE NONI B. y G.; FERNÁNDEZ M. A.; PELTRE P. (1986), Accidentes climáticos y gestión de las quebradas de Quito. Análisis del « aluvión » de la Raya del 23 de enero de 1986, *Paisajes Geográficos*, Revista del CEPEIGE, 17, Quito, 1986, p. 25-44.
- DE NONI B. et G.; FERNÁNDEZ M. A.; PELTRE P. (1988), Drainage urbain et accidents climatiques à Quito (Équateur). Analyse d'un cas récent de crue boueuse., *Cahiers des Sciences Humaines*, 24 (2), ORSTOM, Paris, p. 225-249.
- ALULEMA, R.; OJEDA, F.; NOUVELOT, J.-F.; POURRUT, P. (1981), *Proyecto acuífero de Quito. Informe final 1981*, EMAP-Q / PRONAREG / INERHI / ORSTOM, Quito, ronéo.
- PELTRE P. (1989), Quebradas y riesgos naturales en Quito, período 1900-1988, *Estudios de Geografía*, Riesgos naturales en Quito (1989), volume 2, Corporación Editora Nacional / Colegio de Geógrafos, Quito, p. 45-91.
- PELTRE P. (1991), Risque morphoclimatique urbain. Quito (Équateur), période 1900-1988. À paraître dans *L'Espace Géographique*, Paris.

#### 4. Croissance urbaine et gestion du milieu

Les problèmes majeurs du site urbain sont directement liés au remplacement du système naturel de drainage des quebradas par un réseau d'égouts, largement sous-dimensionné à l'égard des crues. Au seul point de vue géomorphologique, prétendre évacuer les débits de pointe des quebradas du Pichincha — et la charge solide qui leur est nécessairement associée — par les égouts constitue une gageure. Il est clair que la solution la plus sage aurait été d'aménager à travers la ville des écoulements à ciel ouvert, en assurant la circulation urbaine par des ponts ; mais l'urbanisation s'est faite — suivant une tradition très ancienne — en remblayant les quebradas, et la situation est maintenant irréversible, sauf à envisager un utopique remodelage de la ville déjà construite, politiquement impensable ; toutefois, cela pourrait être reconsidéré pour les extensions à venir. Cette pratique constante d'une gestion de l'espace par le remblaiement ne semble du reste pas répondre qu'à des impératifs technologiques, mais également à de vieilles peurs populaires — relevant de l'approche anthropologique — qui situent nombre de contes effrayants dans ces espaces incontrôlés que sont les quebradas.

La vieille ville connaît une certaine stabilisation depuis bientôt vingt ans, due à des travaux d'amélioration du drainage et à la meilleure protection que lui offrent maintenant les nouveaux quartiers développés à sa périphérie. Ce sont ces quartiers des auréoles récentes de la croissance urbaine — souvent pauvres — qui paient actuellement le plus lourd tribut en accidents du drainage ainsi qu'en éboulements dans les zones pentues. Il s'agit ainsi plus d'un problème de croissance urbaine mal maîtrisée, en termes d'aménagement et de gestion de l'environnement, que d'accidents d'origine morphoclimatique proprement dits au sens d'un risque « naturel ». Ce qui fait problème, c'est moins la dynamique érosive et l'alluvionnement en milieu de montagne — inévitables et qui gênaient peu en environnement rural — que la présence même de la ville sur les lieux où s'exerce cette dynamique.

##### Que faire ?

Il existe des solutions techniques par l'amont pour maîtriser ces accidents, ou pour le moins diminuer leur fréquence et leur gravité : l'EMA a réalisé des retenues-tampon qui permettent d'écarter les crues, ou la dérivation d'une quebrada dans une autre pourvue d'une meilleure évacuation. Globalement, ces aménagements sont trop récents pour avoir prouvé leur efficacité réelle, mais associés à des mesures de protection et de stabilisation des versants, ils devraient permettre de réduire la gravité des crues s'ils sont bien conçus. Dans le domaine de la stabilisation des versants, il faut noter que l'herbe est tout aussi protectrice vis à vis de l'érosion par ruissellement, sinon plus protectrice même, que les forêts d'eucalyptus qui peuplent en partie les versants du Pichincha ; le débat mené à Quito sur la « forêt protectrice du Pichincha » doit donc être pris au sens large d'une indispensable limitation de l'urbanisation des versants, plus que d'un reboisement proprement dit, qui ne s'impose pas nécessairement, sous réserve du maintien du paramo.

Jusqu'à ces dernières années, le réseau d'égouts était construit par l'EMA pour n'absorber que les crues de fréquence d'occurrence de 5 ans. Des travaux progressifs d'amélioration des collecteurs se trouvant le plus souvent en surcharge, qui porteraient leur capacité à l'évacuation de la crue décennale, ou mieux, de fréquence d'occurrence de 20 ans, supprimeraient sans doute la quasi-totalité des petites crues boueuses et des inondations dans les secteurs concernés. Dans tous les cas il faut absolument cesser de remblayer les quebradas, pratique qui reste très active dans tous les nouveaux lotissements, et qui ne peut qu'amplifier les problèmes d'insuffisance du drainage dans le futur.

En ce qui concerne les accidents graves, les solutions sont plus difficiles à élaborer : si l'on peut imaginer de détourner à ciel ouvert la quebrada Rumiurcu dans la quebrada Singuna (idée de l'ingénieur J. Carcelén [Quito], communication orale), il est par contre difficile de proposer des mesures qui auraient évité l'accident de la Gasca de 1975 ; on ne peut que proposer dans ce cas des mesures de stabilisation des versants et du lit de la quebrada, dans l'espoir de diminuer la puissance et la gravité de la crue. Ce type d'accident grave constitue un risque de fréquence d'occurrence rare, contre lequel il n'y a guère de protection complètement efficace, et avec lequel il faut vivre.

Les effondrements de chaussée peuvent être limités à long terme en soignant la qualité de construction des collecteurs chaque fois que des réparations sont nécessaires, de façon à leur donner une résistance suffisante à la pression atteinte lors des crues, valeur aisément calculée en fonction de la dénivellée du collecteur. Quant aux éboulements, ils relèvent de règlements d'urbanisme adéquats : limitation de l'urbanisation des pentes très fortes et application de normes de construction adaptées au risque sismique et aux éboulements dans ces secteurs, en portant une attention toute particulière aux travaux de drainage des talus qu'impose l'urbanisation des versants.

La question essentielle en matière d'aménagement est de choisir pour quelle période de retour des pluies de fréquence rare il convient de dimensionner les ouvrages, en comparant le coût croissant des investissements de protection avec celui des dégâts provoqués par les accidents, ainsi qu'avec leur coût social. Elle est également, et peut-être surtout, de savoir contrôler les lieux où s'exerce la croissance urbaine, et d'éviter que ne soient bâtis les sites les plus dangereux.

Ce qui reste surprenant, c'est à quel point les séries d'accidents sont vite oubliées : si l'hiver 1982-83 a laissé un très vif souvenir cinq ans plus tard, des années noires comme 1950, 1958 ou 1961, qui furent presque aussi graves, semblent avoir disparu de la mémoire collective, et il faut les exhumer des archives de presse pour en mesurer l'ampleur. Sans doute l'extension limitée des accidents dans l'espace les cantonne-t-elle au rang de fait divers sans portée réellement menaçante ; peut-être aussi la disponibilité d'un espace urbain homogène, sans morcellement ni subsistance des espaces incontrôlés qu'étaient les quebradas, vaut-elle dans l'esprit des Quitoïens quelques inconvénients, même sérieux à l'occasion.

#### 4. Crecimiento urbano y manejo del entorno

Los problemas mayores del sitio urbano están ligados directamente al reemplazo del sistema natural de drenaje de las quebradas por una red de alcantarillado, ampliamente subdimensionada con relación a las crecidas. Desde el solo punto de vista geomorfológico, pretender evacuar, por las alcantarillas, los caudales pico de las quebradas del Pichincha — y la carga sólida necesariamente asociada a ellos — es un imposible. Está claro que la solución más sabia habría sido acondicionar a través de la ciudad flujos a cielo abierto, garantizando la circulación urbana mediante puentes, pero la urbanización se ha realizado — siguiendo una muy antigua tradición — rellenando las quebradas, siendo ahora la situación irreversible, salvo si se considerara una utópica remodelación de la ciudad ya construida, políticamente impensable; sin embargo, esto podría tenerse en cuenta para las extensiones venideras. Esta práctica constante de un manejo del espacio por relleno no parece por cierto responder solamente a imperativos tecnológicos, sino también a antiguos temores populares — que son más tema de un enfoque antropológico — que situían numerosos cuentos de miedo en estos espacios incontrolados que son las quebradas.

La ciudad antigua experimenta una cierta estabilización desde hace casi veinte años, debida a trabajos de mejoramiento del drenaje y a una mejor protección que le proporcionan ahora los nuevos barrios desarrollados en su periferia. Son estos barrios de las aureolas recientes del crecimiento urbano — a menudo pobres — los que pagan actualmente el más pesado tributo en accidentes de drenaje así como en derrumbes en las zonas empinadas. Así, se trata más de un problema de crecimiento urbano mal controlado, en términos de acondicionamiento y de manejo del entorno, que de accidentes de origen morfoclimático propiamente dichos en el sentido de un riesgo « natural ». Lo que plantea problemas, no es tanto la dinámica erosiva y la sedimentación en medio montañoso — inevitables y con efectos poco perturbadores en el medio rural — como la presencia misma de la ciudad en los lugares en que se ejerce esa dinámica.

##### Que hacer?

Existen soluciones técnicas por la parte aguas arriba para controlar estos accidentes, o por lo menos para disminuir su frecuencia y su gravedad: la EMA ha realizado embalses que permiten descrestar las crecidas, o desviar una quebrada hacia otra provista de una mejor capacidad de evacuación. Globalmente, estas obras son aún demasiado recientes como para haber probado su eficacia real, pero si son bien concebidas y asociadas a medidas de protección y de estabilización de las vertientes, deberían permitir reducir la gravedad de las crecidas. En el campo de la estabilización de las vertientes, hay que señalar que la hierba es tan o incluso más protectora frente a la erosión por escurrimiento que los bosques de eucalyptos que pueblan en parte las vertientes del Pichincha; el debate sobre el Bosque Protector del Pichincha debe entonces ser tomado en el amplio sentido de una indispensable limitación de la urbanización de las vertientes, más que en el de una reforestación propiamente dicha, que no necesariamente se impone, a condición de que se mantenga el páramo.

Hasta estos últimos años, la red de alcantarillado era construida por la EMA para no absorber sino las crecidas de frecuencia de ocurrencia de 5 años. Trabajos progresivos de mejoramiento de los colectores que se encuentran a menudo sobrecargados, tendientes a elevar su capacidad de evacuación a la crecida decenal, o mejor aún a la de frecuencia de ocurrencia de 20 años, suprimirían probablemente la casi totalidad de los pequeños aluviones y de las inundaciones en los sectores en cuestión. En todo caso, es absolutamente necesario dejar de rellenar las quebradas, práctica que sigue siendo muy activa en todas las nuevas urbanizaciones y que no puede sino amplificar los problemas de insuficiencia de drenaje en el futuro.

En lo que respecta a los accidentes graves, las soluciones son más difíciles de elaborar: si bien se puede imaginar el desvío a cielo abierto de la quebrada Rumiurcu hacia la quebrada Singuna (idea del Ingeniero Julio Carcelén [Quito], comunicación oral), es en cambio difícil proponer medidas que habrían evitado el accidente de la Gasca de 1975; no se puede sino sugerir en este caso medidas de estabilización de las vertientes, y del lecho de la quebrada, con la esperanza de disminuir la potencia y la gravedad de las crecidas. Este tipo de accidente grave constituye un riesgo de frecuencia rara de ocurrencia, contra el cual no existe una protección completamente eficaz, y con el que se debe convivir.

Los hundimientos de calzada pueden ser limitados a largo plazo cuidando la calidad de construcción de los colectores cada vez que son necesarias reparaciones, de manera que se les confiera una resistencia suficiente a la presión alcanzada al producirse las crecidas, valor fácilmente calculable en función del desnivel del colector. En cuanto a los derrumbes, su control depende de reglamentos de urbanismo adecuados: limitación de la urbanización en las pendientes muy fuertes y aplicación de normas de construcción adaptadas al riesgo sísmico y a los derrumbes en esos sectores, poniendo un énfasis particular en los trabajos de drenaje de los taludes que requiere la urbanización de las vertientes.

El asunto esencial en materia de acondicionamiento es escoger el período de retorno de las lluvias de rara frecuencia para el que se deben dimensionar las obras, comparando el monto creciente de las inversiones de protección con el costo de los daños provocados por los accidentes, así como con el costo social de los mismos. Consiste también, y sobre todo, en saber controlar los lugares en que se desarrolla el crecimiento urbano, y en evitar que se construya en los sitios más peligrosos.

Lo que sigue siendo sorprendente es a qué punto las series de accidentes son rápidamente olvidadas: si bien del invierno de 1982-1983 se tiene un vivo recuerdo cinco años más tarde, años negros como 1950, 1958 ó 1962 que fueron casi tan graves parecen haber desaparecido de la memoria colectiva, y es preciso exhumarlos de los archivos de prensa para medir su amplitud. Probablemente la reducida extensión espacial de los accidentes los relega al rango de sucesos varios sin un alcance realmente amenazante; además, para los quiteños es tal vez importante disponer de un espacio urbano homogéneo, sin fragmentación y sin la subsistencia de espacios incontrolados como lo eran las quebradas, aunque ello presente algunos inconvenientes, incluso serios si llega el caso.

## SOURCES ET LIMITES

La tentative de carte géotechnique que nous présentons ici a été réalisée à partir d'information recueillie et de données produites par l'AIQ. Les autres sources principales sont :

- géologie et hydrogéologie : on a directement utilisé l'information sur l'Aire Métropolitaine fournie par l'INEMIN, échelle 1/50 000 ;

- géomorphologie : la morphologie a été établie à partir de photographies aériennes au 1/60 000 (1979) et la morphométrie à partir des cartes de Quito au 1/1 000 ; l'information topographique considérée est très dense, avec une moyenne de 4 cotes par îlot ; par conséquent, l'analyse des différentes zones géotechniques a été effectuée sur la base de données très précises ;

- mécanique des sols : on a utilisé les normes équatoriennes établies par l'INEN et la thèse d'ingénierie civile de P. Ludeña et J. Valladares (1990), intitulée Sectorización de los suelos de Quito y recomendaciones preliminares de diseño et basée sur 840 sondages de concentration différente dans leur distribution ; bien que la densité de ces derniers soit faible, si l'on tient compte de l'hétérogénéité des sols de la ville, ce travail est la source actuelle la plus fiable.

## PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Quito est en pleine expansion par réalisation de nouveaux lotissements. Sa croissance est rapide et même si les obstacles naturels restent une barrière puissante, rien ne pourra arrêter sa progression, car des ouvrages de génie civil de plus en plus audacieux son entrepris.

La ville est située entre les versants orientaux des volcans Rucu et Guagua Pichincha et le graben interandin, caractérisés par des dépôts quaternaires. Il s'agit de matériaux volcaniques localisés sur les versants et de dépôts colluviaux et d'accumulation ayant comme origine de grands flux de matériaux pyroclastiques des derniers événements éruptifs. En sa partie centrale, se sont déposés des sédiments lacustres et fluvio-glaciaires transportés par des flux ayant emprunté les pentes ravinnées orientales du Pichincha, et des sédiments pyroclastiques fins transportés par le vent. La ville se développe donc essentiellement sur des anciens fonds lacustres. On peut citer par exemple, au nord, les lacunes qui s'étendaient sur l'emplacement des quartiers actuels d'El Batán et de Jipijapa ; au sud, la plaine de Turubamba où, naguère encore, se rencontraient les derniers vestiges d'une autre lacune dont des terrains marécageux témoignent, car le drainage incomplet a laissé subsister un sol instable.

Par suite de la prolifération des constructions, le drainage naturel a progressivement disparu. Par exemple, le profond ravin de los Gallinazos, actuellement remblayé et drainé par des égouts constitués de caissons cimentés et rectangulaires emboîtés, est occupé par l'avenue 24 de Mayo. Il en est de même d'un autre ravin très profond, la Alcantarilla, qui traversait le Centre Historique. Dans le nord de Quito, on se souvient des ravins Ascázubi et Vásconez, qui séparaient le quartier Miraflores du campus universitaire, de même que des ravins de La Pradera qui ont été remblayés et relayés par de gros collecteurs d'égouts.

En matière de planification, pour l'exécution rationnelle de projets d'ingénierie, on n'a pas encore tenu compte de l'hétérogénéité du comportement des sols pour évaluer les dangers et les coûts qu'impliquent les zones présentant des difficultés pour la construction. Pour une gestion appropriée de la croissance urbaine, il est impératif de connaître justement certains problèmes liés à la nature des sols. Ce document prétend fournir aux planificateurs et aux constructeurs des indications générales sur les caractéristiques du terrain.

## ÉLABORATION

La cartographie géotechnique est réalisée en tenant compte des conditions particulières de chaque cas ; cependant, la publication *Engineering Geological Maps* (UNESCO) établit des normes méthodologiques relatives à ce thème, qui ont été appliquées ici. Les progrès méthodologiques de représentation de l'information atteints dans d'autres pays ont également été pris en considération.

La carte géotechnique, en tant que résultat d'une intégration de paramètres, s'appuie sur une information de base topographique, géologique, hydrogéologique et climatologique, ainsi que sur les caractéristiques de la mécanique des sols. L'incidence des paramètres analysés est fondamentale pour la détermination du zonage géotechnique. Cette carte constitue une représentation qui se veut claire et simple, adressée au plus grand nombre possible d'utilisateurs.

Le zonage géotechnique tient compte de tous les paramètres ayant une incidence sur la constructibilité. Il a un caractère général et permet d'élaborer sur sa base des cartes de facilité de creusement, d'aptitude pour la construction et des cartes de synthèse qui sont réalisées à plus grande échelle selon l'objectif visé. Ainsi, par exemple, les cartes, au 1/5 000, d'aptitude pour la construction, permettront de réaliser des zonages mieux élaborés, bien qu'on ne puisse en aucun cas omettre les travaux de sondages mécaniques pour préciser les caractéristiques géomécaniques du site.

Le problème ainsi énoncé, on présente le zonage général, de telle façon que chaque unité corresponde globalement à des comportements similaires selon des caractéristiques géotechniques comme la texture des roches, la consistance des sols, les types de sol de surface, leur capacité de support, la résistance au cisaillement et la compressibilité.

En corrélation avec l'information thématique mentionnée ci-dessus, on a établi une délimitation préliminaire des zones géotechniques. Les paramètres géomorphologiques, climatologiques, géologiques, hydrogéologiques, morphodynamiques et géotechniques pris isolément

## FUENTES Y LÍMITES

La tentativa de mapa geotécnico presentada se realizó en base a información recopilada y a datos generados por el AIQ. Las demás fuentes principales son:

- geología e hidrogeología: se utilizó directamente la información del Área Metropolitana proveniente del INEMIN, escala 1:50.000;

- geomorfología: la morfología se estableció en base a fotografías aéreas a escala 1:60.000 (1979) y la morfometría a partir de las cartas de Quito a escala 1:1.000; la información topográfica considerada es muy densa, con un promedio de 4 cotas por manzana; en consecuencia, el análisis de las diferentes zonas geotécnicas se efectuó en base a datos muy precisos;

- mecánica de suelos: se utilizaron las normas ecuatorianas del INEN y la tesis de Ingeniería Civil de P. Ludeña y J. Valladares (1990), titulada *Sectorización de los suelos de Quito y recomendaciones preliminares de diseño* y basada en 840 sondeos con diferente concentración en su distribución; aunque la densidad de estos últimos es baja, si se toma en cuenta la alta heterogeneidad de los suelos de la ciudad, ese trabajo constituye la fuente actual más confiable.

## PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

Quito está en pleno proceso de expansión por la incorporación de nuevas lotizaciones. Su crecimiento es acelerado y aun cuando los obstáculos naturales sigan siendo una poderosa barrera, nada podrá detener su avance, pues se emprenden obras de ingeniería cada vez más atrevidas.

La ciudad está situada entre las laderas orientales de los volcanes Rucu y Guagua Pichincha y el graben interandino, caracterizados por depósitos cuaternarios. Se trata de materiales volcánicos localizados en las laderas y de depósitos coluviales y de acumulación originados en grandes flujos de materiales piroclásticos de los últimos eventos eruptivos. En su parte central, se depositaron sedimentos lacustres y fluvio-glaciares transportados por corrientes que bajaron de las quebradas orientales del Pichincha, y sedimentos piroclásticos finos transportados por el viento. La ciudad se desarrolla entonces básicamente sobre lechos lagunares. Se pueden citar, por ejemplo, al Norte, las lagunas que existían en el emplazamiento actual de los barrios El Batán y Jipijapa, y al Sur, la llanura de Turubamba en donde hasta no hace mucho se apreciaban los últimos vestigios de otra laguna, de cuya existencia dan cuenta terrenos pantanosos, resultado del drenaje incompleto.

Como consecuencia de la proliferación de construcciones, el drenaje natural ha desaparecido paulatinamente. Por ejemplo, la honda quebrada de los Gallinazos, actualmente cerrada y drenada por alcantarillas de tipo cajón cementadas y rectangulares encajonadas, constituye la avenida 24 de Mayo. Tal es el caso igualmente de otra quebrada de gran profundidad, la Alcantarilla, que atravesaba el Centro Histórico. En el Norte de Quito, recordamos las quebradas Ascázubi y Vásconez, que separaban al barrio Miraflores de la ciudadela universitaria, al igual que las quebradas de La Pradera que fueron rellenadas para construir grandes colectores de alcantarillado.

En materia de planificación, para la ejecución racional de proyectos de ingeniería, no se ha tomado aún en cuenta la heterogeneidad del comportamiento de los suelos a fin de evaluar los peligros y costos que implican las áreas con dificultades para construir. Para un adecuado manejo del crecimiento urbano, es preciso conocer de manera exacta ciertos problemas ligados a la naturaleza del suelo. Este documento pretende proporcionar a los planificadores y constructores indicaciones generales sobre las características del terreno.

## ELABORACIÓN

La cartografía geotécnica se realiza teniendo en cuenta las condiciones particulares de cada caso; sin embargo, la publicación *Engineering Geological Maps* (UNESCO) establece normas metodológicas referentes a este tema, las mismas que se han seguido para el presente ensayo. Se han tomado en consideración igualmente los avances metodológicos en materia de representación de la información.

El mapa geotécnico, como resultado de una integración de parámetros, se apoya en información básica de carácter topográfico, geológico, hidrogeológico y climatológico, así como en las características de la mecánica de suelos. La incidencia en la constructibilidad de los diferentes parámetros analizados es fundamental para la zonificación geotécnica. Este mapa constituye una representación que se quiere clara y simple, orientada al mayor número posible de utilizadores.

La zonificación geotécnica toma en cuenta todos los parámetros que inciden en la constructibilidad. Tiene un carácter general y permite elaborar en base a ella mapas de facilidad de excavación, de aptitud para la construcción y mapas de síntesis que son realizados a mayores escalas de acuerdo al objetivo perseguido. Así por ejemplo, los mapas a escala 1:5.000 de aptitud para la construcción, permitirán realizar zonificaciones más elaboradas, aunque en ningún caso se podrán los trabajos de sondeos mecánicos para precisar las características geomecánicas del sitio.

Así planteado el problema, se presenta la zonificación general, de manera que cada unidad corresponde globalmente a comportamientos similares según características geotécnicas como la textura de las rocas, la consistencia de los suelos, los tipos de suelos de superficie, la capacidad de soporte, la resistencia al corte y la compressibilidad.

En correlación con la información temática mencionada anteriormente, se realizó una delimitación preliminar de las zonas geotécnicas. Los parámetros geomorfológicos, climatológicos, geológicos, hidrogeológicos, morfodinámicos y geotécnicos tomados separadamente o en su

ou dans leur ensemble mettent en évidence peu à peu les concepts permettent de classifier les zones selon leur degré de constructibilité.

Le degré d'adéquation des terrains à la construction a été établi selon quatre zones aux caractéristiques bien définies : zone très favorable, zone favorable, zone défavorable et zone très défavorable.

En outre, ont été analysés les paramètres qui limitent le degré de constructibilité d'une zone, en déterminant les possibles difficultés auxquelles devra faire face l'aménageur et les éléments pouvant servir de base à la prise de décisions.

Les paramètres limitants sont en rapport avec les coûts et dépendent, pour chaque unité géotechnique, des difficultés surmontables ou insurmontables. Ils ont été définis pour chaque zone et ont une incidence sur le degré d'adéquation des terrains à la construction.

ZONE	CARACTÉRISTIQUES	RECOMMANDATIONS
Très favorable	Sans contraintes pour la constructibilité ou problèmes faciles à résoudre. Bonnes conditions du sol pour la construction Absence de niveaux phréatiques aux cotes habituelles d'assise.	- Équipement léger - Amélioration possible du sol - Sondages mécaniques
Favorable	Problèmes limitant la constructibilité Caractéristiques moyennes du sol pour la construction : capacité portante et résistance au cisaillement variant de 0,8 à 1,4 kg/cm <sup>2</sup> , indice de liquidité compris entre 0 et 1 et pentes pouvant atteindre 40 pour cent. Absence de niveaux phréatiques aux	- Équipement léger - Remplacement ou amélioration du sol - Utilisation du ciment pour les ouvrages de protection - Études géologiques et géotechniques
Défavorable	Caractéristiques similaires à celles de la zone précédente mais présentant les problèmes suivants : failles, niveaux phréatiques aux cotes habituelles d'assise et pentes pouvant atteindre 70 pour cent.	- Équipement lourd - Remplacement ou amélioration du sol, construction de talus et de murs de contention - Sondages mécaniques et géophysiques
Très défavorable	Problèmes géomorphologiques et géotechniques importants (insolubles ou solubles à un coût élevé), pentes instables et très instables, failles, tunnels et remblaiements. Sols dont la capacité portante et la résistance au cisaillement sont faibles et dont l'indice de plasticité est élevé.	- Équipement lourd - Construction de talus et murs de contention - Études mécaniques et géophysiques détaillées

**PARAMÈTRES LIMITANT LE DEGRÉ DE CONSTRUCTIBILITÉ**

<b>Pente</b> R1 moyenne R2 forte R3 très forte g gorge e escarpement	<b>Morphodynamique</b> Pa processus d'accumulation De glissement Dg éboulement par gravité	<b>Sols</b> S1 argileux à limoneux S2 sols peu profonds
<b>Tectonique</b> f faille	<b>Hydrogéologie</b> k1 perméabilité moyenne k2 faible perméabilité	<b>Résistance au cisaillement</b> r moyenne d basse
		<b>Capacité portante</b> m moyenne n basse

Limite urbaine, IMQ, 1987

**COMMENTAIRE**

**1. Identification des caractéristiques de constructibilité**

La présente carte n'apporte aucune révélation particulière susceptible de dispenser un ingénieur d'effectuer les études nécessaires in situ sur les qualités de constructibilité du sol sur lequel il va construire, mais permet de qualifier clairement l'espace physique selon ses caractéristiques et de déterminer ses aptitudes mécaniques à recevoir des constructions. La légende présentée permet d'avoir une idée visuelle des différents niveaux d'aptitude, mais chaque zone catégorisée mérite une description plus précise qui mette en valeur les problèmes auxquels devra faire face l'aménageur.

**1.1. Zone très favorable**

Elle est distribuée sur les couloirs bordant la partie basse de la cuvette de Quito, dans les secteurs Manosalvas, La Alameda, Mariscal Sucre et Centre Historique, couvrant une superficie de 2 666 ha (20,9 % de l'aire urbaine). Le relief est homogène et bas avec des dénivelées pouvant atteindre 100 m, des sommets plats, des versants rectilignes à modérément convexes et des pentes stables n'excédant pas 12 pour cent.

Sur de telles pentes, dont la valeur se situe entre 5 et 12 pour cent, le drainage superficiel est favorable, surtout qu'en leur état naturel, leurs sols superficiels sont semi-perméables. Selon les données rassemblées, le niveau phréatique est à 19 m de profondeur, ce qui permet de conclure en une absence d'eau dans les terrains d'assise.

En ce qui concerne les sols, on rencontre, par ordre décroissant, des limons de compressibilité faible ML, des sables limoneux SM et des argiles inorganiques de plasticité moyenne à basse CL ; ils admettent une capacité portante et une résistance au cisaillement supérieure à 1,4 kg/cm<sup>2</sup> et leur indice de plasticité est faible, inférieur à 10 %, ce qui permet d'affirmer que les caractéristiques de support du sol présentent de bonnes conditions pour l'exécution d'ouvrages civils.

conjunto van evidenciando los conceptos que permiten clasificar a las zonas según su grado de constructibilidad.

Se estableció el grado de adecuación de los terrenos a la construcción según cuatro zonas determinadas por características bien definidas: zona muy favorable, zona favorable, zona desfavorable y zona muy desfavorable.

Se analizaron además los parámetros que limitan el grado de constructibilidad de una zona, determinando las posibles dificultades a las cuales se enfrentará el planificador y los elementos que podrán servir de base para la toma de decisiones.

Los parámetros limitantes están en relación con los costos y dependen, en el caso de cada unidad geotécnica, de las dificultades superables o insuperables. Han sido definidos para cada zona y tienen incidencia en el grado de adecuación de los terrenos a la construcción.

ZONA	PROBLEMÁTICA	RECOMENDACIONES
Muy favorable	Sin limitantes para constructibilidad o problemas fácilmente superables. Buenas condiciones del suelo para la construcción. Ausencia de niveles freáticos en las cotas habituales de cimentación.	- Maquinaria simple - Posible mejoramiento del suelo - Sondeos mecánicos
Favorable	Presencia de problemas que limitan el grado de constructibilidad. Regulares características del suelo para la construcción: capacidad portante y resistencia al corte de 0,8 a 1,4 kg/cm <sup>2</sup> , índice de liquidez entre 0 y 1 y pendientes de hasta 40 por ciento. Ausencia de niveles freáticos en las cotas habituales de cimentación.	- Maquinaria simple - Reemplazo o mejoramiento del suelo - Utilización de cemento para obras de protección - Estudios geológicos y geotécnicos
Desfavorable	Características similares a las de la zona anterior pero con los siguientes problemas: fallas, niveles freáticos en las cotas habituales de cimentación y pendientes de hasta 70 por ciento.	- Maquinaria pesada - Reemplazo o mejoramiento del suelo, construcción de taludes y de muros de contención - Sondeos mecánicos y geofísicos
Muy desfavorable	Problemas geomorfológicos y geotécnicos importantes (insuperables o en ciertos casos superables a un costo elevado), pendientes inestables y muy inestables, fallas, túneles y relleno. Suelos con capacidad portante y resistencia al corte bajos y alto índice de plasticidad.	- Maquinaria pesada - Construcción de taludes, muros y retenedores - Estudios mecánicos y geofísicos detallados

**PARÁMETROS QUE LIMITAN EL GRADO DE CONSTRUCTIVIDAD**

<b>Pendiente</b> R1 medio R2 fuerte R3 muy fuerte g garganta e escarpe	<b>Morfodinámica</b> Pa proceso de acumulación De deslizamiento Dg derrumbes por gravedad	<b>Suelos</b> S1 arcillosos a limones S2 suelos poco profundos
<b>Tectónica</b> f falla	<b>Hidrogeología</b> k1 permeabilidad media k2 permeabilidad baja	<b>Resistencia al corte</b> r regular d deficiente
		<b>Capacidad portante</b> m regular n deficiente

Límite urbano, IMQ, 1987

**COMENTARIO**

**1. Identificación de las características de constructibilidad**

El presente mapa no aporta ninguna revelación particular capaz de obviar a un consultor los respectivos estudios in situ sobre las cualidades de constructibilidad del suelo en donde va a construir, pero permite calificar claramente el espacio físico según sus características y determinar su aptitud mecánica para soportar una construcción. La leyenda presentada permite tener una idea visual de los diferentes niveles de aptitud, pero cada zona categorizada merece una descripción más exacta que destaque los problemas que deberá enfrentar el planificador.

**1.1. Zona muy favorable**

Se encuentra distribuida en los corredores que bordean la parte baja de la cubeta de Quito, en los sectores de Manosalvas, La Alameda, Mariscal Sucre y Centro Histórico, abarcando una superficie de 2.666 ha (20,9 % del área urbana). El relieve es homogéneo y bajo con desniveles de hasta 100 m, cimas planas, vertientes rectilíneas a moderadamente convexas y pendientes que no superan 12 por ciento (estables).

En tales pendientes, cuyo valor se sitúa entre 5 y 12 por ciento, el drenaje superficial es favorable, sobre todo que, en su estado natural, los suelos de superficie son semipermeables. De acuerdo a datos recopilados, el nivel freático se encuentra a 19 m de profundidad por lo que se puede concluir en la ausencia de agua en los terrenos de cimentación.

En cuanto a los suelos, encontramos, en orden decreciente de porcentajes, limos de baja compresibilidad ML, arenas limosas SM y arcillas inorgánicas de plasticidad entre media y baja CL; admiten una capacidad portante y una resistencia al corte mayor a 1,4 kg/cm<sup>2</sup> y su índice plástico es bajo, menor al 10 %, por lo que podemos afirmar que las características de soporte del suelo presentan buenas condiciones para la ejecución de obras civiles.



*Cette zone est donc considérée comme très favorable, très stable et ne présentant pas de contraintes pour la construction.*

### 1.2. Zone favorable

*Elle occupe surtout la partie basse du graben de Quito qui correspond à des dépôts lacustres, et les extrêmes longitudinaux de ce graben qui couvrent parfois les aires d'anciens cônes de déjection. Elle a une superficie de 4 794 ha (37,6 % de l'aire urbaine). Le relief est homogène et en général bas, avec des hauteurs relatives jusqu'à 150 m ; les sommets plats ou modérément arrondis, les versants rectilignes et légèrement convexes, prédominent. Le degré de pente le plus usuel va de 0 à 5 pour cent (très stable) et correspond au corridor longitudinal et central de la cuvette. Les pentes de 5 à 12 pour cent (stables) sont présentes aux extrémités nord et sud de la zone ; celles de 12 à 25 pour cent (relativement stables) forment deux couloirs longitudinaux aux extrémités de l'aire urbaine, leur présence étant particulièrement marquée à l'ouest, dans le secteur de San Juan et à l'est, dans les secteurs de Luluncoto, Pío XII, Alpahuasi, Chahuarquingo, Ferroviaria Alta, Oriente Quiteño, La Lucha de los Pobres et Pueblo Unido de Quito, où elles se combinent avec des pentes de 25 à 40 pour cent (relativement instables).*

*Le drainage superficiel est favorable tant à l'est qu'à l'ouest, compte tenu du degré d'inclinaison qui caractérise cette zone. En hiver, la partie centrale est très sensible à la présence de zones bourbeuses, car le degré de pente en fait une zone d'accumulation.*

*Hydrogéologiquement, depuis le secteur central vers le nord de la ville, il n'existe pas de niveaux phréatiques aux cotes habituelles d'assise ; cependant, il est recommandé de réaliser les travaux de vérification nécessaires in situ, car des poches d'eau peuvent s'y rencontrer. Dans l'extrême sud, correspondant aux secteurs de Chillogallo, La Concordia et El Tránsito, il n'y a pas de niveau phréatique jusqu'à 16 m de profondeur.*

*Les sols (SM, ML et, en faibles pourcentages, CL, des limons inorganiques OL, des sables mal gradués SP et d'autres) ont en général une capacité portante et une résistance au cisaillement entre 0,8 à 1,4 kg/cm<sup>2</sup>, avec un indice de liquidité entre 0 et 1, ce qui signifie que, en leur état naturel, ils ne présentent pas de bonnes conditions pour la construction. C'est pourquoi il faut rechercher en profondeur des strates d'ancrage. Dans les autres cas, les contraintes de construction sont fonction du degré d'inclinaison du terrain.*

*Cette zone est considérée comme favorable avec des problèmes limitant le degré de constructibilité ; toutefois, l'ingénieur chargé de projet devra trouver une relation optimale entre les coûts et la profondeur de creusement, la superficie d'assise, la hauteur de construction, la nécessité d'améliorer ou de modifier le sol, etc.*

### 1.3. Zone défavorable

*Cette zone est distribuée de façon hétérogène sur l'aire urbaine dont elle occupe 3 470 ha (27,2 %). Le relief y est très variable (de très faible à prononcé), avec des hauteurs relatives maximales de 260 m, des sommets plats, des versants rectilignes à modérément convexes. Les pentes sont : de 0 à 5 pour cent dans les secteurs de La Carolina, Santa Ana, Villa Flora, Atahualpa, San Bartolo, El Pintado, Solanda, Santa Rita, Las Cuadras, La Balbina, Pucará et La Arcadia ; de 5 à 12 pour cent dans le secteur de Mariana de Jesús correspondant à un processus d'accumulation ancien et dans l'extrême nord-est de Quito ; de 12 à 25 pour cent dans l'extrême nord-ouest de la cuvette, où se constate un ancien processus d'accumulation drainé par le ravin Rumihurcu, et dans les extrêmes sud-est et sud-ouest ; de 25 à 40 pour cent aux extrémités de la cuvette, vers l'est et l'ouest ; de 40 à 70 pour cent (instables) dans le Panecillo et dans le secteur bordant le secteur de Guápulo. Cette zone se caractérise également par la présence de failles.*

*Le drainage superficiel est très favorable, sauf dans les zones à pente faible, où l'eau stagne et crée des bourbiers. Hydrogéologiquement, dans les secteurs correspondant à Santa Rosa et Potrerillos, il n'existe pas de problèmes dus à la présence d'eaux souterraines aux cotes habituelles d'assise, sauf une petite poche d'eau qu'on rencontre à une profondeur moyenne de 1,20 m. Dans le secteur allant de Santa Ana à La Arcadia, selon les données recueillies, presque toutes les études de sols révèlent l'existence d'un niveau phréatique aux cotes habituelles d'assise (la profondeur maximale constatée est de 9 m), ce qui est logique si l'on se rappelle que cette zone fut le lit d'une lagune, dont le drainage n'a pas été réalisé totalement laissant des sols peu cohérents et marécageux. Dans les secteurs de Rumipamba et Belisario Quevedo, les études n'enregistrent pas de niveaux d'eau, sauf en certains cas qui témoignent de l'existence de niveaux phréatiques appartenant à de petites nappes aquifères ou à des poches d'eaux souterraines. Dans les quartiers de La Carolina et La Pradera, la présence d'un niveau phréatique est courante aux cotes habituelles d'assise, ce qui peut être dû à la rétention d'eaux, car ce site était un point de confluence de ravins qui ont convergé ensuite avec celui d'El Batán. Dans les autres unités de cette catégorie, il n'existe pas de niveaux phréatiques aux cotes habituelles d'assise.*

*Les caractéristiques des sols sont similaires à celles de la zone favorable.*

*Cette zone est considérée comme défavorable car les unités sont associées à des problèmes géomorphologiques et hydrogéologiques, ce qui impose que lors de projets on ait à surmonter des difficultés plus grandes que dans le cas précédent et à un coût supérieur.*

### 1.4. Zone très défavorable

*Elle prend en écharpe le site de Quito tant dans les gorges du rio Machángara, dans le secteur de la colline de Puengasí et dans les zones périphériques de Monjas, du Comité del Pueblo n° 1 et de Tarquí. Elle a une superficie de 1 822 ha (14,3 % de l'aire urbanisée). Le relief est constitué de gorges, presque toujours remblayées et de versants prononcés. Le degré de pente va de 40 à plus de 70 pour cent (très instable), sauf pour les lits remblayés qui ont été nivelés et raccordés à la topographie des lieux. Cette zone est caractérisée également par la présence de failles.*

*Le drainage naturel est très favorable. Selon les données recueillies, on ne détecte pas de niveau phréatique jusqu'à une profondeur de 8 m.*

Esta zona es considerada entonces muy favorable y estable sin limitantes para la construcción.

### 1.2. Zona favorable

Ocupa mayoritariamente la parte baja del graben de Quito que corresponde a depósitos lacustres, y los extremos longitudinales del mismo que cubren en ciertos casos antiguos conos de deyección. Comprende una superficie de 4.794 ha (37,6 % del área urbana). El relieve es homogéneo y en general bajo, con alturas relativas de hasta 150 m; predominan cimas planas o moderadamente redondeadas, vertientes rectilíneas y ligeramente convexas. El grado de pendiente predominante es de 0 a 5 por ciento (muy estable) y corresponde al corredor longitudinal y central de la cubeta. Las pendientes de 5 a 12 por ciento (estables) se presentan en los extremos norte y sur de esta zona; las de 12 a 25 por ciento (relativamente estables) forman dos corredores longitudinales en los extremos del área urbana, siendo marcada su presencia al Oeste, en el sector de San Juan y al Este, en los sectores de Luluncoto, Pío XII, Alpahuasi, Chahuarquingo, Ferroviaria Alta, Oriente Quiteño, La Lucha de los Pobres y Pueblo Unido de Quito, en donde se combinan con pendientes de 25 a 40 por ciento (relativamente inestables).

El drenaje superficial es favorable tanto al oriente como al occidente, dado el grado de inclinación característico de esta zona. En invierno, la parte central es muy susceptible a la presencia de encharcamientos, pues el grado de pendiente favorece la acumulación.

Hidrogeológicamente, desde el sector centro hacia el Norte de la ciudad, no se presentan niveles freáticos en las cotas habituales de cimentación; no obstante, se recomienda realizar los necesarios trabajos *in situ* para comprobarlo, pues pueden presentarse mantos colgados de agua. En el extremo sur, correspondiente a los sectores de Chillogallo, La Concordia y El Tránsito, no se registra nivel freático hasta una profundidad investigada de 16 m.

Los suelos (SM, ML y, en bajos porcentajes, CL, limos orgánicos OL, arenas mal graduadas SP y otros) tienen en general una capacidad portante y una resistencia al corte entre 0,8 a 1,4 kg/cm<sup>2</sup>, con un índice de liquidez entre 0 y 1, lo que significa que, en estado natural, no presentan buenas condiciones para la construcción. Por ello, se deben buscar estratos más profundos para cimentar. En los demás casos, las limitaciones para la construcción dependen del grado de inclinación del terreno.

Se considera que esta zona es favorable, con problemas que limitan el grado de constructibilidad; no obstante, el ingeniero proyectista deberá encontrar una relación óptima entre los costos y la profundidad de excavación, el área de cimentación, la altura de construcción, la necesidad de mejoramiento o modificación del suelo, etc.

### 1.3. Zona desfavorable

Esta zona se encuentra distribuida heterogéneamente en el área urbana de la que cubre 3.470 ha (27,2 %). El relieve es muy variable (desde muy suave hasta pronunciado), con alturas relativas máximas de 260 m, cimas planas, vertientes rectilíneas a moderadamente convexas. Las pendientes son: de 0 a 5 por ciento en los sectores de La Carolina, Santa Ana, Villa Flora, Atahualpa, San Bartolo, El Pintado, Solanda, Santa Rita, Las Cuadras, La Balbina, Pucará y La Arcadia; de 5 a 12 por ciento en el sector de Mariana de Jesús correspondiente a un proceso de acumulación antiguo, y en el extremo nor-este de Quito; de 12 a 25 por ciento en el extremo nor-este de la cubeta, en donde se localiza otro proceso de acumulación antiguo drenado por la quebrada Rumihurcu, y en los extremos sur-este y sur-oeste; de 25 a 40 por ciento en los extremos de la cubeta, hacia el Oriente y el Occidente; de 40 a 70 por ciento (inestables) en El Panecillo y en el sector que bordea a Guápulo. En esta zona es característica también la presencia de fallas.

El drenaje superficial es muy favorable, excepto en las áreas de pendiente débil, en donde el agua se detiene y provoca encharcamiento. Hidrogeológicamente, en los sectores de Santa Rosa y Potrerillos, no existen problemas por la presencia de aguas subterráneas en las cotas habituales de cimentación, salvo un pequeño manto de aguas colgadas a una profundidad promedio de 1,20 m. En el sector que va desde Santa Ana hasta La Arcadia, de acuerdo a datos recopilados, casi todos los estudios de suelos revelan la existencia de una capa freática en las cotas habituales de cimentación (la profundidad máxima investigada es de 9 m), lo cual es lógico, si recordamos que el sector constituyó un lecho lagunar cuyo drenaje no se realizó en forma total quedando suelos flojos y pantanosos. En los sectores de Rumipamba y Belisario Quevedo, los estudios no registran niveles de agua, salvo en algunos casos que permiten deducir la existencia de capas freáticas pertenecientes a pequeños acuíferos o a aguas subterráneas. En los barrios de La Carolina y La Pradera, la presencia de un nivel freático es común en las cotas habituales de cimentación, lo cual puede deberse a la retención de aguas, por cuanto este sitio era un punto de confluencia de quebradas que convergieron posteriormente con la de El Batán. En las demás unidades de esta categoría, no se presentan capas freáticas en las cotas habituales de cimentación.

Las características de los suelos son similares a las de la zona favorable.

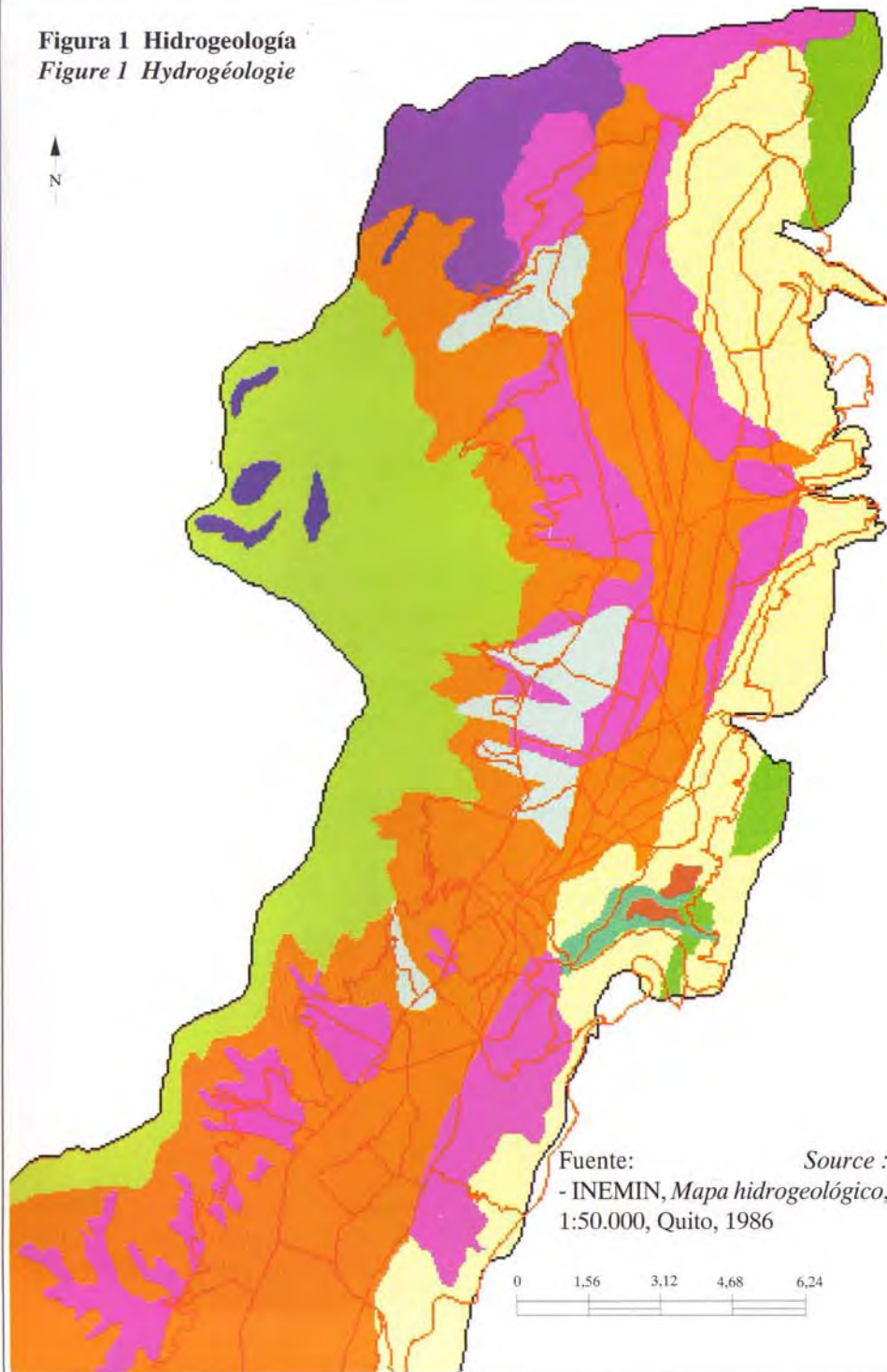
Se considera que esta zona es desfavorable pues las unidades están asociadas a problemas geomorfológicos e hidrogeológicos, lo que impone que para la realización de proyectos se tenga que superar mayores problemas que en el caso anterior y a un costo superior.

### 1.4. Zona muy desfavorable

Esta zona cruza, en su mayor parte, el tejido urbano de Quito, en el encañonamiento del río Machángara, el sector de la loma de Puengasí, las áreas periféricas de Monjas, del Comité del Pueblo n° 1 y la ciudadela Tarquí. Cubre una superficie de 1.822 ha (14,3 % del área urbanizada). El relieve está constituido por gargantas en la mayoría de casos rellenadas, y vertientes pronunciadas. El grado de pendiente va de 40 a más del 70 por ciento (muy inestable), excepto en los cauces rellenados que han sido nivelados de acuerdo a la topografía. La zona se caracteriza igualmente por la presencia de fallas.

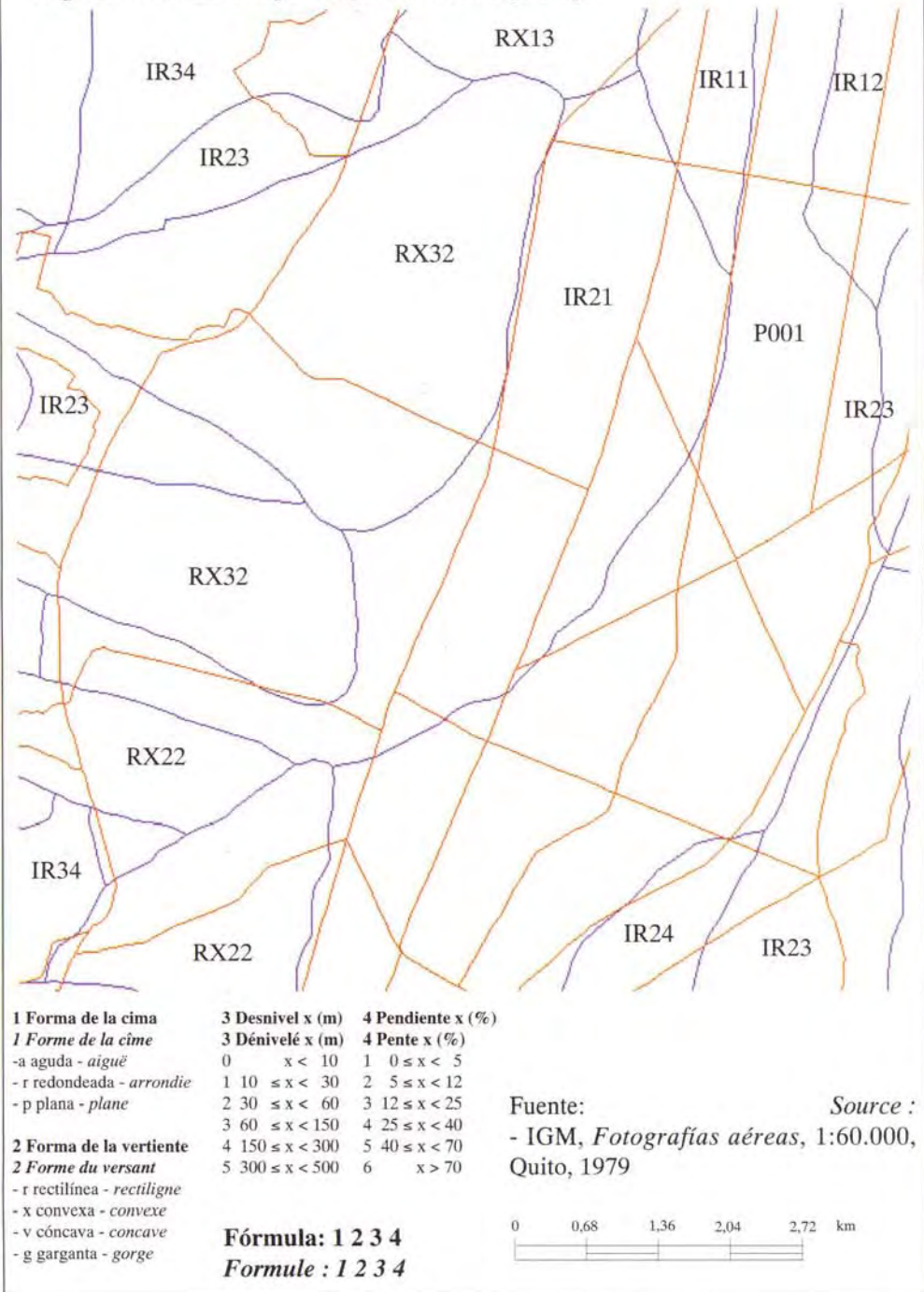
El drenaje natural es muy favorable. Según los datos recopilados, no se detecta la presencia de nivel freático hasta la profundidad investigada de 8 m.

**Figura 1 Hidrogeología**  
**Figure 1 Hydrogéologie**



Fuente: *Source :*  
- INEMIN, *Mapa hidrogeológico,*  
1:50.000, Quito, 1986

**Figura 2 Geomorfología - Figure 2 Géomorphologie**



**1 Forma de la cima**  
**1 Forme de la cime**  
- a aguda - *aiguë*  
- r redondeada - *arrondie*  
- p plana - *plane*

**2 Forma de la vertiente**  
**2 Forme du versant**  
- r rectilínea - *rectiligne*  
- x convexa - *convexe*  
- v cóncava - *concave*  
- g garganta - *gorge*

**3 Desnivel x (m)**  
**3 Dénivelé x (m)**  
0 x < 10  
1 10 ≤ x < 30  
2 30 ≤ x < 60  
3 60 ≤ x < 150  
4 150 ≤ x < 300  
5 300 ≤ x < 500

**4 Pendiente x (%)**  
**4 Pente x (%)**  
1 0 ≤ x < 5  
2 5 ≤ x < 12  
3 12 ≤ x < 25  
4 25 ≤ x < 40  
5 40 ≤ x < 70  
6 x > 70

**Fórmula: 1 2 3 4**  
**Formule: 1 2 3 4**

Fuente: *Source :*  
- IGM, *Fotografías aéreas,* 1:60.000,  
Quito, 1979

UNIDAD - UNITÉ		LITOLÓGIA - LITHOLOGIE	PERMEABILIDAD PERMÉABILITÉ	CAPACIDAD DEL ACUÍFERO CAPACITÉ DE L'ACQUIFÈRE	ESTRATIGRAFÍA - STRATIGRAPHIE	
					Era - Ère	Serie - Série
	Depósito aluvial <i>Dépôt alluvial</i>		Variable, generalmente alta <i>Variable, généralement forte</i>	Alto rendimiento <i>Fort rendement</i>	Holoceno <i>Holocène</i>	Cuaternario <i>Quaternaire</i>
	Depósito coluvial <i>Dépôt colluvial</i>					
	Depósito lagunar <i>Dépôt lagunaire</i>					
	Depósito glaciar <i>Dépôt glaciaire</i>					
	Cangagua <i>Cangagua</i>	Cenizas, capas de pómez, tobas, lapilli <i>Cendres, ponces, tufs, lapilli</i>	Variable, de baja a media <i>Variable, de faible à moyenne</i>		Holoceno, Pleistoceno <i>Holocène, Pléistocène</i>	
	Depósitos volcánicos del Pichincha <i>Dépôts volcaniques du Pichincha</i>	Lavas, aglomerados, cenizas, tobas <i>Laves, brèches, cendres, tufs</i>	Baja a media <i>Faible à moyenne</i>	Bajo a medio rendimiento <i>Faible à moyen rendement</i>	Pleistoceno <i>Pléistocène</i>	
	Depósitos volcánicos del Atacazo <i>Dépôts volcaniques de l'Atacazo</i>	Lavas, aglomerados, flujos piroclásticos <i>Laves, brèches, coulées pyroclastiques</i>				
	Volcano-sedimentos del Machangará <i>Sédiments volcaniques du Machangará</i>	Lavas, areniscas, arenas tobáceas <i>Laves, dépôts sablonneux, tufs sableux</i>				
	Cono de deyección, derrubio <i>Cône de déjections, affouillement</i>					
	Cangagua sobre depósitos coluviales <i>Cangagua sur dépôts colluviaux</i>					
	Cangagua sobre depósitos volcánicos del Pichincha <i>Cangagua sur dépôts volcaniques du Pichincha</i>					
	Cangagua sobre volcano-sedimentos del Machangará <i>Cangagua sur sédiments volcaniques du Machangará</i>					

Figura 3 Sondes mécaniques en los suelos  
Figure 3 Sondages mécaniques sur les sols

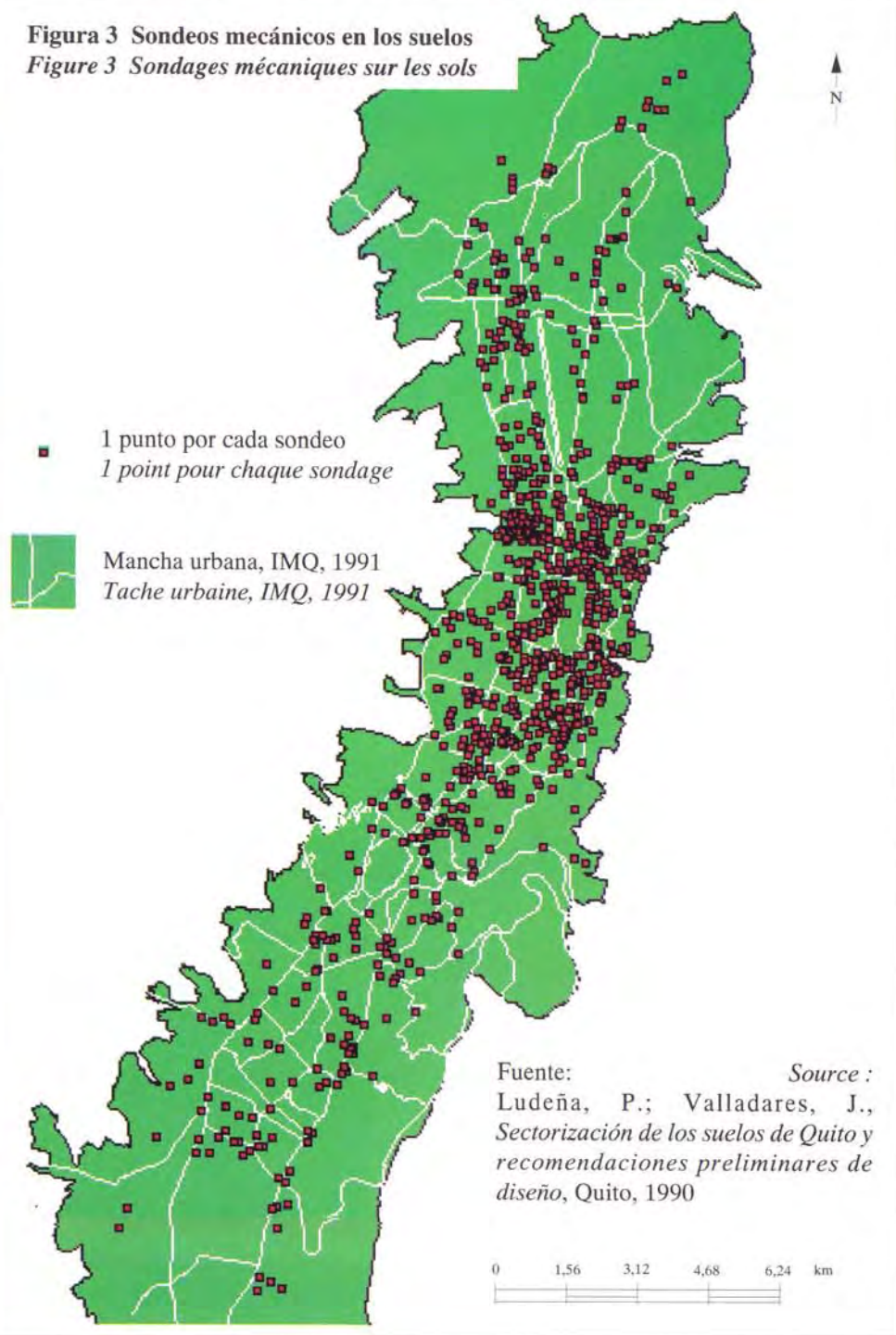
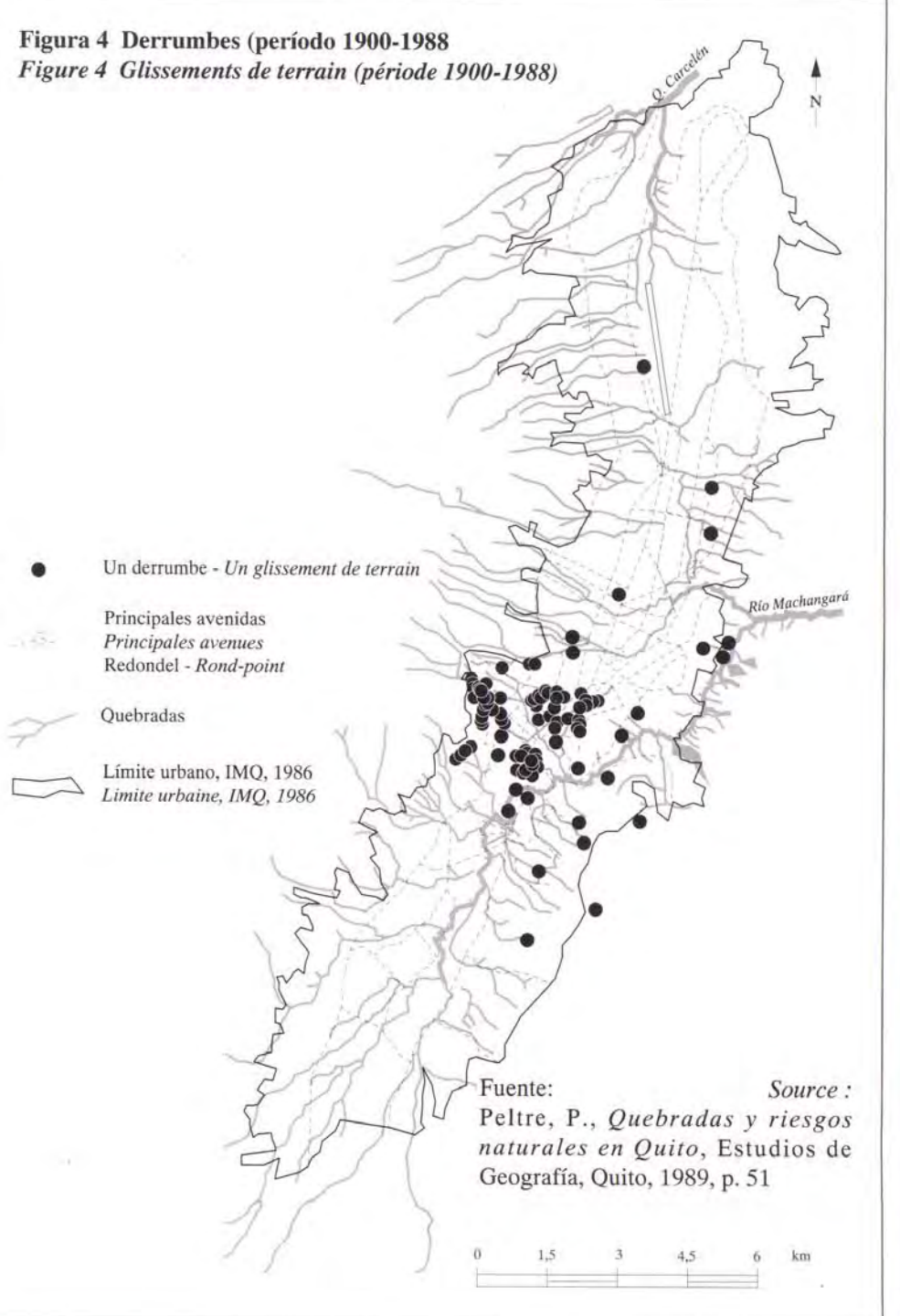


Figura 4 Derrumbes (período 1900-1988)  
Figure 4 Glissements de terrain (période 1900-1988)



Los suelos (ML, SM, con porcentajes representativos de arcillas en los primeros metros) admiten en general una buena capacidad portante y presentan de faibles resistencias al cizallamiento así que un índice elevado de plasticidad.

Los problemas geomorfológicos constituyen el principal obstáculo a la constructibilidad car las pendientes, inestables a muy inestables, dan lugar a procesos de deslizamientos y derrumbes por gravedad muy marcados, a lo que se agrega la presencia de fallas. También son característicos de esta zona los problemas geotécnicos asociados a la presencia de rellenos y túneles.

## 2. Incidence des variables physiques sur les zones géotechniques

### 2.1. Géomorphologie

Pour déterminer les ensembles géotechniques, il faut prendre en compte en particulier les formes du relief. Lors d'une première approximation, on s'est basé sur la carte géomorphologique. Dans le cas de l'aire urbaine de Quito, les paramètres définissant la géomorphologie, tels que la forme du sommet, la forme du versant et la hauteur relative, n'ont pas d'incidence importante sur la restriction du degré de constructibilité, car dans cette zone prédominent des terrains à sommets aplatis, des versants rectilignes et modérément convexes et des hauteurs relatives maximales d'environ 200 m. Toutefois, la valeur de la pente, étroitement liée à l'occurrence de phénomènes morphodynamiques et à la stabilité du terrain, a un caractère contraignant.

### 2.2. Hydrogéologie

La connaissance de l'hydrologie superficielle (drainage, débits, etc.) et souterraine (nappes aquifères, niveaux phréatiques, etc.) est importante pour la réalisation de nombreux projets d'aménagement. Pour Quito, quatre aspects importants ont été considérés :

- localisation probable des niveaux phréatiques ;
- comportement des matériaux de surface face à l'infiltration : perméabilité, semi-perméabilité et imperméabilité (caractéristiques figurant sur la carte hydrogéologique correspondante) ;
- type de drainage principal : infiltration, ruissellement, infiltration plus ruissellement ;
- qualité du drainage : acceptable ou déficiente (tendance à l'inondation ou niveaux phréatiques superficiels).

### 2.3. Morphodynamique

Une très bonne connaissance des processus morphodynamiques actifs est particulièrement nécessaire pour la détermination du degré de constructibilité des zones considérées. Ainsi, par exemple, dans une zone fréquemment affectée par des éboulements, le degré de constructibilité

Los suelos (ML, SM, con representativos porcentajes de arcillas en los primeros metros) tienen en general una buena capacidad portante y bajas resistencias al corte así como un alto índice de plasticidad.

Los problemas geomorfológicos constituyen el principal obstáculo a la constructibilidad pues las pendientes, inestables a muy inestables, dan lugar a procesos de deslizamientos y derrumbes por gravedad muy marcados, a lo que se agrega la presencia de fallas. También son característicos de esta zona los problemas geotécnicos asociados a la presencia de rellenos y túneles.

## 2. Incidencia de las variables físicas en las zonas geotécnicas

### 2.1. Geomorfología

Para definir los conjuntos geotécnicos, hay que tener en cuenta en particular las diferentes formas de relieve. En una primera aproximación, nos basamos en el mapa geomorfológico. En el caso del área urbana de Quito, los parámetros que definen la geomorfología, tales como la forma de la cima, la forma de la vertiente y la altura relativa, no tienen mayor incidencia en la restricción del grado de constructibilidad, pues en la zona predominan terrenos con cimas planas, vertientes rectilíneas y moderadamente convexas y alturas relativas máximas de alrededor de 200 m. No obstante, el valor de la pendiente, íntimamente relacionado con la ocurrencia de fenómenos morfodinámicos y con la estabilidad del terreno, constituye una limitación importante.

### 2.2. Hidrogeología

El conocimiento de la hidrología superficial (drenaje, caudales, etc.) y subterránea (acuíferos, niveles freáticos, etc.) es importante para la ejecución de numerosos proyectos en materia de ordenación territorial. Para el área de Quito, se consideraron cuatro aspectos importantes:

- localización probable de los niveles freáticos;
- comportamiento de los materiales de superficie ante la infiltración: permeabilidad, semipermeabilidad e impermeabilidad (características que constan en el respectivo mapa hidrogeológico);
- tipo de drenaje principal: infiltración, escurrimiento, infiltración más escurrimiento;
- calidad del drenaje: aceptable o deficiente (tendencia al encharcamiento o niveles freáticos superficiales).

### 2.3. Morfodinámica

El conocimiento cabal de todos los procesos morfodinámicos activos es de vital importancia para determinar el grado de constructibilidad de las zonas consideradas. Así por ejemplo, en una zona frecuentemente afectada por derrumbes, el grado de constructibilidad es bajo, al igual



est faible, de même que dans les aires où se produisent des glissements, des effondrements, un ruissellement en ravins et d'autres processus érosifs agressifs.

Parallèlement à l'analyse de ces variables, il est nécessaire d'identifier les paramètres géotechniques.

### 3. Identification des paramètres géotechniques

Pour l'élaboration de la carte, les principaux paramètres de la mécanique des sols ont été pris en compte. Ces données, quoiqu'importantes, ne sont pas les seules considérées lors de la réalisation de cartes géotechniques détaillées. Cependant, au niveau de notre analyse, les paramètres choisis sont suffisants pour indiquer les caractéristiques géotechniques générales.

#### 3.1. Géologie et lithologie

La classification des roches fournit leurs caractéristiques générales : structure, compacité, résistance, cimentation, forme, caractéristiques de surface, etc.

Selon leurs caractéristiques, on a déterminé quatre catégories de roches : tendres, tendres à semi-dures, dures, et dures à très dures.

Les matériaux volcaniques du Pichincha, composés de laves, de cendres, de tufs, de brèches, etc. sont considérés comme des roches dures par leur nature et par les caractéristiques déjà mentionnées, de même que ceux du Machángara. La « cangahua », généralement constituée de lapillis, est considérée comme une roche tendre à semi-dure, car elle contient des particules mobilisables de lave mousseuse.

#### 3.2. Consistance des sols et des dépôts

Elle est inverse aux caractéristiques des roches. En présence de roches très dures, la consistance des sols et des dépôts est très faible, à cause des facteurs de météorisation et d'érosion, auxquels il faut ajouter le degré de cimentation qui doit être évalué par des essais *in situ*.

#### 3.3. Types de sols de surface

Les zones très défavorables correspondent à des sols à plasticité très élevée tels que les argiles organiques et inorganiques, ou à des limons organiques à moyenne plasticité. Dans ces cas, il existe une capacité d'absorption d'eau plus importante et si les terrains sont situés sur de fortes pentes, il y aura des phénomènes de solifluxion, ce qui rend difficile l'implantation d'ouvrages civils. Selon la classification SUCS, il s'agit de sols de type CL, CH et OH.

Au contraire, les zones très favorables pour la construction sont caractérisées par des sols de type GW, GM (avec des pourcentages de matériaux fins inférieurs à 12 % en poids), SM et ML (classification SUCS), ce qui correspond à des graviers bien gradués, des graviers limoneux, des sables limoneux, des limons organiques et des sables très fins.

Les zones favorables possèdent de sols de type ML, OL, SM, selon la même classification, qui correspondent à des sables et limons à granulométrie hétérogène, des sables fins limoneux, des argiles limoneuses organiques de faible plasticité et des limons organiques.

L'analyse de la corrélation stratigraphique donne une idée complémentaire des types de sol de surface, qui permettra d'entreprendre des ouvrages d'infrastructure de plus grande envergure nécessitant des assises plus profondes sur des sols de plasticité moyenne à haute.

#### 3.4. Capacité de support

C'est la capacité maximale admissible de charge d'un sol. Elle est déterminée à partir des essais triaxiaux, mais n'a pas été considérée pour elle-même car elle varie sur peu de mètres et étant donné les unités choisies, il y avait un risque à lui attribuer une valeur spécifique. On a donc pris une valeur moyenne de capacité admissible — correspondant aux premiers mètres et qualifiée suivant les spécifications techniques de la construction :

$< 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{très bonne}$   
 $\geq 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{bonne}$   
 $< 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{médiocre}$   
 $\geq 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{déficiente}$

Ces valeurs sont directement associées à la profondeur d'assise.

#### 3.5. Résistance au cisaillement

Il s'agit de la résistance d'un sol devant une contrainte cisailante. Ce type de résistance est quantifié à l'aide d'équipements de laboratoire, au moyen d'essais édométriques. Cependant, étant donné l'objectif de notre carte, les valeurs ont été quantifiées et qualifiées selon la table suivante :

$< 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{très bonne}$   
 $\geq 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{bonne}$   
 $< 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{médiocre}$   
 $\geq 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{déficiente}$

#### 3.6. Compressibilité

C'est la mesure de la capacité d'un sol à se déformer sous l'effet d'une charge. Ce paramètre géotechnique est inversement proportionnel à la résistance au cisaillement.

La compressibilité dépend fortement de la perméabilité : elle est faible dans des sols très perméables et en général élevée dans des sols à faible perméabilité.

que en las áreas en donde se producen deslizamientos, hundimientos, un escurrimiento en surcos y otros procesos erosivos agresivos.

Paralelamente al análisis de estas variables, es necesario identificar los parámetros geotécnicos.

### 3. Identificación de los parámetros geotécnicos

Para la elaboración del mapa, se han tomado en cuenta los principales parámetros de mecánica de suelos. Estos datos, aunque importantes, no son los únicos que se deben considerar para realizar mapas geotécnicos detallados. Sin embargo, al nivel de nuestro análisis, los parámetros escogidos son suficientes para indicar las características geotécnicas generales.

#### 3.1. Geología y litología

La clasificación de las rocas proporciona sus características generales: estructura, compacidad, cementación, forma, características de superficie, etc.

Según sus características, se determinaron cuatro categorías de rocas: suaves, suaves a semiduras, duras, y duras a muy duras.

Los materiales volcánicos del Pichincha, compuestos de lavas, cenizas, tobas, aglomerados, etc., son considerados como rocas duras por su naturaleza y por las características antes mencionadas, al igual que los del Machángara. La cangahua, constituida generalmente de lapillís, es considerada como una roca suave a semidura pues contiene partículas sueltas de lava espumosa.

#### 3.2. Consistencia de los suelos y depósitos

Está en relación inversa con las características de las rocas. En presencia de rocas muy duras, la consistencia de los suelos y depósitos es muy baja, debido a factores de meteorización y erosión, a los que se debe agregar el grado de cementación que es evaluado por los respectivos ensayos *in situ*.

#### 3.3. Tipos de suelo de superficie

Las zonas muy desfavorables corresponden a suelos de plasticidad muy alta como las arcillas orgánicas e inorgánicas, o a limos orgánicos de plasticidad media. En esos casos, existe una mayor capacidad de absorción de agua y si los terrenos están situados en pendientes fuertes, se producirán fenómenos de solifluxión, lo que hace difícil la implantación de obras civiles. Según la clasificación SUCS, se trata de suelos de tipo CL, CH y OH.

Por el contrario, las zonas muy favorables para la construcción se caracterizan por suelos de tipo GW, GM (con porcentajes de materiales finos inferiores al 12 % en peso), SM y ML (clasificación SUCS), lo que corresponde a gravas bien graduadas, gravas limosas, arenas limosas, limos inorgánicos y arenas muy finas.

Las zonas favorables poseen suelos de tipo ML, OL, SM, según la misma clasificación, que corresponden a arenas y limos de granulometría heterogénea, arenas finas limosas, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad y limos orgánicos.

El análisis de la correlación estratigráfica nos da una idea complementaria del tipo de suelo de superficie, la misma que permitirá emprender obras de infraestructura de mayor envergadura que requieren cimentaciones más profundas, en suelos de media a alta plasticidad.

#### 3.4. Capacidad de soporte

Es la capacidad máxima admisible de carga de un suelo. Se determina a través de los ensayos triaxiales, pero no ha sido considerada en forma específica ya que varía en pocos metros y de acuerdo a las unidades que se han elegido, se correría el riesgo de atribuirle un valor particular. Por lo tanto, se tomó un valor medio de capacidad admisible — correspondiente a los primeros metros y calificado de acuerdo a las especificaciones técnicas de la construcción :

$< 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{muy buena}$   
 $\geq 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{buena}$   
 $< 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{regular}$   
 $\geq 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{deficiente}$

Estos valores están asociados directamente a la profundidad de cimentación.

#### 3.5. Resistencia al corte

Es la resistencia que ofrece un suelo ante un esfuerzo cortante. Este tipo de resistencia es cuantificado con equipos en laboratorio, a través de ensayos edométricos. Sin embargo, dado el objetivo del mapa, los valores fueron cuantificados y calificados de acuerdo a la siguiente tabla:

$< 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{muy buena}$   
 $\geq 2 \text{ kg/cm}^2 = \text{buena}$   
 $< 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{regular}$   
 $\geq 1 \text{ kg/cm}^2 = \text{deficiente}$

#### 3.6. Compresibilidad

Es la medida de la capacidad de un suelo de deformarse bajo el efecto de una carga. Este parámetro geotécnico es inversamente proporcional a la resistencia al corte.

La compresibilidad depende, en gran medida, de la permeabilidad, siendo baja en suelos muy permeables y por lo general elevada en suelos de baja permeabilidad.

#### 4. Dangers associés aux événements géodynamiques

Il a semblé important de résumer de manière générale ce que nous avons appelé danger et qui est un aspect à ne pas négliger dans l'évaluation de la constructibilité d'un terrain.

##### 4.1. Dangers volcaniques et sismiques

Le plus grand danger lié à l'activité volcanique est la proximité du Guagua Pichincha par rapport à la ville de Quito. Le réveil de ce volcan peut évoluer vers une éruption composée de matériaux pyroclastiques, de flux de lave et de lahars orientés vers l'ouest. Des retombées de cendres, des coulées de boues secondaires et des dépôts de matériaux sur la partie basse de la cuvette, en seraient les effets probables sur le site de Quito.

On doit aussi mentionner que le volcan Cotopaxi se trouve dans une période de réactivation possible. Si cela se produit, les mouvements occasionnés provoqueraient une réactivation des failles du couloir interandin. La liquéfaction des sables est un autre phénomène associé aux fortes secousses ; toutefois, il est signalé que depuis 1541, cinq séismes d'intensité VIII ont eu lieu sans que ce phénomène se produise ; on ne peut cependant le négliger sur les dépôts lacustres de Quito.

##### 4.2. Danger hydrogéologique

Les drains en tunnels constituent un des dangers les plus graves. Ces tunnels se creusent habituellement dans les talus des ravins ; lorsque l'eau des crues atteint ou dépasse leur seuil, elle les emprunte entraînant érosion et effondrement ; on a pu observer aussi que, lors de son effondrement, un tunnel devient collecteur des eaux de surface et se transforme en drain à ciel ouvert. Ce phénomène est mis en évidence dans la partie haute de la Mena II, près du ravin Yacubata.

Les ravins constituent un élément naturel de drainage. Cependant, ils sont soumis à un dépôt permanent de matériaux, ce qui entraîne la formation de digues. Il peut arriver que le matériel ne supporte plus la pression hydraulique et que ces digues se rompent, ce qui cause alors de graves dégâts, notamment dans les zones à faible pente.

La stagnation des eaux a été observée dans des zones très basses, tel le secteur de Solanda, dont la topographie, rigoureusement plate, ne permet pas un drainage adéquat et détermine la formation de sols marécageux.

Par ailleurs, la baisse et la hausse des niveaux piézométriques (causées, dans le premier cas, par la surexploitation des couches aquifères, et dans le second, par l'utilisation d'eaux superficielles au lieu d'eaux souterraines) peuvent provoquer des tassements dans les zones profondes et, par conséquent, donner lieu à des effondrements. Pour toute utilisation planifiée, il faut donc envisager des solutions à ces problèmes :

- réalimentation de ces nappes aquifères par des mécanismes de réinjection et autres afin de les remettre en charge ;
- exploitation permanente de puits stratégiques afin de maintenir l'équilibre des niveaux piézométriques.

##### 4.3. Dangers géomorphologiques

Ces dangers se présentent dans toutes les zones où existent des alignements supposés de failles, des pentes fortes à très fortes associées à des glissements, et des escarpements.

L'existence de failles influe sur la réactivation des processus morphodynamiques comme on l'observe au nord-ouest de Quito, dans le ravin La Raya qui présente des phénomènes de solifluxion, des effondrements de galeries, des glissements, etc. Ces aspects doivent être pris en compte pour la planification d'ouvrages civils.

Les pentes fortes à très fortes, caractéristiques des zones comme l'Itchimbía, Guápulo, La Libertad, les gorges du rio Machángara, etc. sont associées à des processus morphodynamiques tels les glissements et les effondrements par gravité.

##### 4.4. Danger géotechnique

Il se manifeste par la présence de remblaiements qui peuvent être classés en récents, actuels et propres.

Les remblaiements récents sont des sols de type OL. Leur danger réside dans la déficience de leur résistance au cisaillement et dans leur compressibilité moyenne.

Les remblaiements actuels se produisent par dépôts de déchets et de débris de toute sorte sur les bords de la plupart des ravins. Leur danger potentiel réside dans la prise en compte des nouveaux bords de ravin comme des terrains stabilisés. La poursuite des remblaiements entraînerait des tassements.

Les remblaiements propres ont été réalisés selon une planification préalable. Cependant, ils présentent un danger dans la mesure où ils ne respectent pas les conditions de compactage et de drainage.

L'existence de tunnels détermine un danger déclaré dont les conséquences se traduisent par des tassements. Il devient nécessaire de contrôler les écoulements d'eau car ils provoquent un affouillement des sables et, par conséquent, l'effondrement des tunnels. Il existe en outre le risque que les tunnels fonctionnent comme des canaux d'évacuation des eaux usées qui contamineraient les nappes aquifères.

Suite à l'hiver rigoureux qui a affecté la ville en décembre 1982, on a pu observer ces phénomènes dans le secteur de Tarqui (Mena II). Les tassements et l'effondrement de quelques maisons ont révélé l'existence de tunnels qui avaient été creusés pour extraire des sables utilisés comme matériau de construction.

#### 4. Peligros ligados a los eventos geodinámicos

Se estimó conveniente resumir en forma general lo que se denomina *peligros* como un aspecto que no debe descuidarse en la evaluación de la constructibilidad de un terreno.

##### 4.1. Peligros volcánicos y sísmicos

El mayor peligro ligado a la actividad volcánica constituye la cercanía del Guagua Pichincha con relación a la ciudad de Quito. La reactivación de ese volcán puede evolucionar hacia una erupción compuesta de materiales piroclásticos, flujos de lava y lahars orientados hacia el Occidente. En el sitio de Quito, la caída de cenizas, los flujos de lodo secundarios y los depósitos de materiales en la parte baja de la cubeta, serían los efectos probables de tal fenómeno.

Se debe igualmente mencionar que el volcán Cotopaxi se encuentra en un período de posible reactivación. Si ello se produce, los movimientos ocasionados provocarían una reactivación de las fallas en el callejón interandino. La licuefacción de las arenas es otro fenómeno asociado a las sacudidas bruscas; sin embargo, cabe señalar que desde 1541 se han producido cinco sismos de intensidad VIII y tal evento no se ha presentado, sin descartar dicho peligro en el depósito lagunar de Quito.

##### 4.2. Peligro hidrogeológico

El drenaje por túneles constituye uno de los más graves peligros. Tales túneles suelen iniciarse en los taludes de quebrada; cuando el agua de las crecidas alcanza o supera su umbral, empieza a fluir por ellos ocasionando colapso y erosión; de igual manera, se ha podido observar que, al hundirse, el túnel se transforma en colector de aguas superficiales convirtiéndose en un canal de drenaje a cielo abierto. Este fenómeno se evidencia en la parte superior de la Mena II, cerca de la quebrada Yacubata.

Las quebradas constituyen un elemento natural de drenaje. Sin embargo, están sometidas a un constante depósito de materiales, lo que trae como consecuencia la formación de diques, pudiendo llegar un momento en que el material no soporte la presión hidráulica y se produzca un rompimiento del dique, lo que causaría graves daños, especialmente en las zonas de menor pendiente.

El estancamiento de aguas ha sido observado en zonas muy bajas, como el sector de Solanda, cuya topografía plana, no permite el drenaje adecuado determinando la formación de suelos pantanosos.

Por otro lado, el descenso y el ascenso de los niveles piezométricos (causados, en el primer caso, por la sobre-explotación de los acuíferos, y en el segundo, por la utilización de aguas superficiales en reemplazo de aguas subterráneas) pueden causar debilitamientos en las capas profundas y, consecuentemente, dar lugar a hundimientos. Para toda utilización planificada, debe considerarse entonces alternativas de solución a tales problemas:

- realimentación de los acuíferos mediante mecanismos de reinyección de agua u otros que permitan mantenerlos cargados;
- explotación permanente de pozos estratégicos a fin de mantener el equilibrio de los niveles piezométricos.

##### 4.3. Peligros geomorfológicos

Estos peligros se presentan en todas las zonas en donde existen lineamientos supuestos de fallas, pendientes fuertes y muy fuertes, asociadas a deslizamientos y escarpes.

La presencia de fallas incide en la activación de los procesos morfodinámicos como se observa en el sector noroccidental de Quito, en la quebrada La Raya que presenta fenómenos de solifluxión, hundimientos de galerías, deslizamientos, etc. Estos aspectos deben ser tomados en cuenta en la planificación de obras civiles.

Las pendientes fuertes y muy fuertes, características de sectores como El Itchimbía, Guápulo, La Libertad, el encañonamiento del río Machángara, etc., están asociadas a procesos morfodinámicos como deslizamientos y derrumbes por gravedad.

##### 4.4. Peligro geotécnico

Se manifiesta por la presencia de rellenos que pueden clasificarse en recientes, actuales y limpios.

Los *rellenos recientes* son suelos de tipo OL cuyo peligro radica en su deficiente resistencia al corte y su mediana compresibilidad.

Los *rellenos actuales* se producen por el depósito de desechos y escombros de todo tipo en los bordes de la mayoría de las quebradas. El peligro potencial radica en el hecho de que se puede tomar a los nuevos bordes como terrenos estabilizados, pudiendo la prosecución del relleno acarrear asentamientos.

Los *rellenos limpios* se han realizado de acuerdo a una planificación previa. Sin embargo, constituyen un peligro por cuanto no cumplen con requerimientos de compactación y de drenaje.

La existencia de túneles determina un peligro declarado cuyas consecuencias se traducen en asentamientos. Se hace necesario un control de los flujos de agua, pues provocan la erosión de las arenas y, consecuentemente, el colapso de los túneles. Existe además el riesgo de que estos funcionen como canales de evacuación de aguas servidas que contaminarían los acuíferos.

Estos fenómenos fueron observados a raíz del fuerte invierno que afectó a la ciudad en diciembre de 1982, en el sector Tarqui (Mena II). Los asentamientos y el colapso de algunas viviendas revelaron la existencia de túneles que habían sido excavados para extraer arenas utilizadas como material de construcción.

## SOURCES ET LIMITES

- AIQ, Stabilité géomorphologique de la région de Quito, planche n° 04 ;
- AIQ, Risques volcaniques de l'Aire Métropolitaine de Quito, planche n° 05 ;
- AIQ, Risque morphoclimatique historique, planche n° 07 ;
- AIQ, Constructibilité de Quito, planche n° 08 ;
- AIQ, Densités des populations, planche n° 10 ;
- AIQ, Typologie de l'habitat, planche n° 30 ;
- AIQ, Les modes de composition urbaine, planche n° 40 ;
- AIQ, Enquête : Risques dus au séisme du 5 mars 1987, Quito, 1988-1989.

Ces sources ont aussi servi à l'élaboration des planches n° 3 et 4, auxquelles on pourra se référer.

Nous pouvons distinguer deux types d'information :

1/ l'information statique qui ne nécessite pas de réactualisation ; les cartes géologiques, lithologiques, des sols, hydrogéologiques et des isohyètes ont cependant fait l'objet de vérifications de terrain ;

2/ l'information dynamique ; les données utilisables souffrent des variations continues dans le temps, dépendant à un degré plus ou moins conséquent de la variable que nous traitons ; il en est ainsi notamment pour la carte de l'utilisation du sol.

Les cartes topographiques élaborées par l'IGM, statiques, sont conformes à ce qu'on en peut attendre : de bonne qualité et fiables pour établir les fonds de plan de notre cartographie.

Enfin, compte tenu des échelles retenues, l'approche ne peut être que globale. D'ailleurs toute information plus précise ne pourrait qu'être douteuse étant donné le type d'observation cartographié.

## PROBLÉMATIQUE ET CONCEPTION

Il suffit de se rendre dans les églises anciennes de Quito, la Compañía ou San Francisco notamment, pour constater l'importance accordée historiquement, en cette ville, à sa vulnérabilité face aux risques naturels. Les tableaux de catastrophes, très lyriques, montrent la frayeur que les Quiténiens ressentaient lorsque la terre tremblait ou que le Pichincha entraînait en éruption. Des ex-voto renforcent cette observation. À l'heure actuelle, ces risques sont considérés avec plus de sérénité, mais ils n'ont pas cessé de hanter l'inconscient collectif et de chacun. De ces risques, les tremblements de terre sont les plus présents dans les esprits. Il est donc plus que légitime de considérer cette question lors d'une analyse cartographique de Quito.

Cependant, cela doit être classé, quantifié au moins subjectivement, et rationalisé. On a donc retenu trois rubriques :

- la vulnérabilité due aux risques morphodynamiques ;
- la vulnérabilité due aux risques volcaniques ;
- la vulnérabilité de l'habitat en cas de séisme.

Ces risques n'existent qu'en fonction des dommages qu'ils feraient courir aux Quiténiens et dont serait affecté leur patrimoine. Il importe donc de déterminer au mieux, sur une carte à relativement petite échelle, les aires soumises à chacun de ces types de risques, ou à leur conjugaison éventuelle. C'est pourquoi on a d'abord reporté, sur des cartons représentant l'ensemble de la ville en ses limites administratives, chaque type de risque selon sa cause et son intensité prévisible. Ensuite, une carte de synthèse, à plus grande échelle, reprend ces données et les rassemble permettant, d'un coup d'œil, de voir les parties de l'espace soumises aux risques de plus grande amplitude et celles considérées comme en étant relativement écartées.

## ÉLABORATION

On a opté pour une représentation simple dans laquelle des taches de couleurs de teinte et d'intensité différentes singularisent chaque phénomène selon la classification adoptée. On a suivi la même démarche pour les trois cartons, la couleur jaune indiquant chaque fois les espaces où les risques sont les moins à craindre. On voit ainsi, selon le type de catastrophe encourue, que la localisation d'une demeure à Quito ne doit pas répondre aux seuls critères du relief, du panorama ou de la proximité des lieux d'activité.

La carte à plus grande échelle a repris les mêmes classifications, privilégiant par la couleur les risques morphodynamiques qui sont les plus liés à l'action des hommes et pour cela les plus fréquents. On peut ainsi voir que l'implantation humaine se conjugue avec le substratum superficiel, singularisé notamment par les cavités souterraines qui se forment ou sont réactivées, par les pentes fortes et par les ravins. Ici la densité de peuplement a son rôle et il est considérable : remblaiement imprudent des drains naturels, déboisement, déstabilisation des pentes par des exploitations de carrières ou par l'exécution de travaux publics ouvrant des tranchées et des fouilles inconsidérées.

Venant se greffer sur cet ensemble soumis à des agressions anthropiques caractérisées, les phénomènes volcaniques, lahars et pluies de cendres essentiellement, renforcent en certains points du site les risques encourus. On les a représentés par une trame oblique, plus ou moins dense, conformément au détail de la légende répertoriée ci-après.

De même, et de la même façon, la vulnérabilité de l'habitat en cas de séisme a été représentée. Une trame de pente inverse, pouvant se superposer à la précédente et aux couleurs sans en

## FUENTES Y LÍMITES

- AIQ, Estabilidad geomorfológica de la región de Quito, lámina n° 04;
- AIQ, Riesgos volcánicos del Área Metropolitana de Quito, lámina n° 05;
- AIQ, Riesgo morfoclimático histórico, lámina n° 07;
- AIQ, Constructibilidad de Quito, lámina n° 08;
- AIQ, Densidades de población, lámina n° 10;
- AIQ, Tipología del hábitat, lámina n° 30;
- AIQ, Los modos de composición urbana, lámina n° 40;
- AIQ, Encuesta: daños ocasionados por el sismo del 5 de marzo de 1987, Quito, 1988-1989.

Estas fuentes se utilizaron también para la elaboración de las láminas n° 3 y 4, a las que podemos remitirnos.

Se pueden distinguir dos tipos de información:

1/ la información estática que no requiere reactualización; se efectuaron sin embargo verificaciones en el terreno de los mapas geológico, litológico, de suelos, hidrogeológico y de isoyetas;

2/ la información dinámica, en cuyo caso los datos utilizables experimentan variaciones continuas en el tiempo, dependiendo en mayor o menor grado de la variable tratada; es el caso en especial del mapa de uso del suelo

Los mapas topográficos elaborados por el IGM, estáticos, están acordes con lo que podemos esperar de ellos: son de buena calidad y confiables para la elaboración de nuestra cartografía.

Finalmente, teniendo en cuenta las escalas escogidas, el enfoque sólo puede ser global. Por cierto, toda información más precisa no podría ser sino dudosa dado el tipo de observación representado cartográficamente.

## PROBLEMÁTICA Y CONCEPCIÓN

Basta con visitar las iglesias antiguas de Quito, en especial La Compañía o San Francisco, para constatar la importancia atribuida históricamente, en esta ciudad, a su vulnerabilidad frente a los riesgos naturales. Los cuadros de catástrofes, sumamente líricos, muestran el terror que experimentaban los quiteños cuando temblaba la tierra o el Pichincha entraba en erupción. Algunos ex-votos refuerzan esta observación. Actualmente, tales riesgos son considerados con mayor serenidad, pero no han dejado de amenazar al inconsciente colectivo y de todo quiteño. Entre ellos, son los terremotos los que están más presentes en la mente. Es por lo tanto más que legítimo considerar este aspecto al realizar un análisis cartográfico de Quito.

Sin embargo, dicho aspecto debe ser clasificado, cuantificado al menos subjetivamente, y racionalizado. Se adoptaron entonces tres rubricas:

- la vulnerabilidad debida a los riesgos morfodinámicos;
- la vulnerabilidad debida a los riesgos volcánicos;
- la vulnerabilidad del hábitat en caso de sismo.

Los riesgos no existen sino en función de los daños que podrían causar a los quiteños y a su patrimonio. Es importante entonces determinar de la mejor manera, en un mapa a una escala relativamente pequeña, las áreas sometidas a cada uno de esos riesgos, o a su conjugación eventual. Es por ello que, primeramente, trasladamos a figuras que representaban toda la ciudad en sus límites administrativos, cada tipo de riesgo según su causa y su intensidad previsible. Posteriormente, retomamos y reunimos esos datos en un mapa de síntesis, a mayor escala, que permite, con una sola mirada, apreciar las partes del espacio sometidas a los riesgos de mayor amplitud y las consideradas como relativamente alejadas.

## ELABORACIÓN

Se optó por una representación simple en la que las manchas de colores de tono o intensidad diferentes caracterizan a cada fenómeno según la clasificación adoptada. Se siguió el mismo procedimiento en las tres figuras, indicando en color amarillo los espacios en donde los riesgos son menos temibles. Se observa así, según el tipo de catástrofe amenazadora, que en Quito la localización de una vivienda no debe responder sólo a los criterios de relieve, de vista panorámica o de proximidad de los lugares de actividad.

En el mapa a mayor escala se retomó la misma clasificación, destacando mediante los colores los riesgos morfodinámicos que son los más ligados a la acción del hombre y por ello los más frecuentes. Así, es posible observar que la implantación humana se conjuga con las condiciones del substrato superficial, caracterizado en especial por cavidades subterráneas que se forman o son reactivadas, por pendientes fuertes y por quebradas. Aquí la densidad de poblamiento juega su papel, y este es considerable: relleno imprudente de los drenes naturales, deforestación de las pendientes para la explotación de canteras o la realización de obras públicas abriendo trincheras y excavaciones inconsultas.

Insertándose en este conjunto sometido a agresiones antrópicas caracterizadas, los fenómenos volcánicos, lahars y lluvias de cenizas esencialmente, refuerzan los riesgos en ciertos puntos. Fueron representados con una trama oblicua, más o menos densa, conforme al detalle de la leyenda indicada a continuación.

Igualmente, y de la misma manera, se representó la vulnerabilidad del hábitat en caso de sismo. Una trama de pendiente inversa que puede superponerse a la anterior y a los colores

*réduire la lisibilité, donne les lieux de manifestation les plus probables et les intensités que l'on peut raisonnablement redouter.*

*Enfin ont été reportés les grands axes de circulation intra-urbains, les centres de santé susceptibles d'assurer les premiers secours et la partie de la ville où les difficultés de circuler ou d'accès sont les plus notoires, toutes informations cruciales en cas de catastrophe. Naturellement, ce document ne prétend pas être, pour autant, un objet opérationnel ; il n'a pour but que de faire apparaître la dimension humaine collective première d'une action de secours, mise en relation avec les lieux potentiels de risques majeurs.*

*Dans le tableau ci-après les risques sont classés par ordre décroissant d'intensité.*

#### **Risques morphodynamiques**

- 5 - Cavités, sapes souterraines, haute densité de peuplement
- 4 - Fortes pentes, moyenne densité de peuplement
- 3 - Fortes pentes, faible densité de peuplement
- 2 - Très nombreux ravins remblayés, densité variable de peuplement
- 1 - Risques faibles ou nuls, faible à très faible densité de peuplement

#### **Risques volcaniques**

- 5 - Lahars de première grandeur, cônes de déjection, très nombreux ravins remblayés, pluie de cendres
- 4 - Lahars d'ampleur limitée, pluie de cendres
- 3 - Dépôts de boue, solifluxions, faibles pentes déstabilisées, pluie de cendres
- 2 - Pluie de cendres, densité variable de peuplement
- 1 - Pluie de cendres, faible à très faible densité de peuplement

#### **Habitat et séismes**

- 5 - Failles réactivées, effondrement de voûte de cavités, relative densité de peuplement
- 4 - Fortes pentes, nombreux ravins, vétusté des constructions, constructions médiocres supportant mal les forces latérales de cisaillement, immeubles de plus de 9 niveaux vulnérables, densité variable mais relativement forte de peuplement
- 3 - Pentas marquées, constructions basses ou de faible hauteur, constructions vétustes fragiles ne supportant pas les forces latérales de cisaillement, densité variable de peuplement
- 2 - Constructions basses, qualité de construction variable et généralement moyenne, faible densité de peuplement
- 1 - Faible à très faible densité de peuplement

#### **COMMENTAIRE**

*Ce qui apparaît avec une grande évidence, c'est qu'aucun endroit de Quito n'est complètement à l'abri d'un risque naturel (figure principale). Les risques morphodynamiques, s'ils sont les plus fréquents, sont également les plus bénins (figure 1). Hors quelques escarpements de failles (avenue González Suárez), le point haut du Panecillo, la tête de vallon du grand ravin de la 24 de Mayo et les flancs des gorges du Machángara, le seul quartier qui semble soumis à tous les risques, et avec une intensité maximale, est celui de Tarquí. Il est implanté dans le sud, sur les pentes du Pichincha, entre la courbe des 2 850 m et celle des 2 940 m. Ce quartier est indiqué comme celui de tous les dangers naturels et on se demande comment on a pu en accepter l'édification !*

*Le reste de Quito est considéré comme peu susceptible de perturbations morphodynamiques. Cependant, on doit noter que les espaces les plus pentus de la ville sont à la merci d'incidents annoncés comme mineurs par leur intensité mais qui peuvent néanmoins être très handicapants pour le fonctionnement de la ville dans les quartiers concernés. Les quartiers dominant l'aéroport et sis sur les pentes du Pichincha sont de ceux-là.*

*Plus larges paraissent les aires construites qui pourraient avoir à souffrir du volcanisme (figure 2). Ce sont toutes les basses pentes du Pichincha vulnérables aux coulées de boue, aux lahars et aussi aux pluies de cendres. L'information ne peut surprendre, elle n'est que logique. Cependant, Quito demeure protégée du Guagua Pichincha (partie active du volcan) justement par le relief du deuxième ensemble du massif, le Rucu Pichincha.*

*Le quartier Tarquí se trouve là encore soumis à des risques certains, mais également toute la partie nord-occidentale de Quito qui domine des lieux d'activité économique majeure : l'aéroport et le Quartier des Affaires qui se trouvent en contrebas d'espaces dont on apprend qu'ils seront les premiers touchés par les pluies de cendres et, par voie de conséquence, par des lahars éventuels. On peut craindre alors qu'en cas d'éruption, même moyenne, le Quartier des Affaires et l'aéroport (ce qui est arrivé il y a quelques années pour cause de coulée de boue) soient temporairement paralysés.*

*Mais ce sont les risques sismiques qui sont les plus à redouter (figure 3). Seul l'extrême nord et l'extrême sud de Quito y échappent apparemment. Ce sont les parties basses, limoneuses, de la ville qui semblent les plus fragiles, mais aussi, comme c'est la logique, les quartiers de Bellavista et de la Paz (González Suárez) qui se dressent sur un champ de failles.*

*Cependant, là encore, les pentes basses du Pichincha dominant l'aéroport apparaissent comme fragiles. Toute la ville d'avant 1950 occupe également des espaces considérés comme relativement vulnérables.*

*La carte principale permet de constater que les extensions nord et, de manière moindre, sud sont les endroits les moins exposés de Quito. Elle permet encore de noter :*

*- que les risques sont moindres dans les lieux non construits, ce qui va de soi puisque ces risques n'en sont que dans la mesure où il y a destruction de biens ou de personnes, mais cela veut dire également que, si par aventure, ces espaces non construits se lotissaient (ce qui commence à se faire depuis quelques temps) ils se classeraient de facto en secteurs à risques accrus ;*

sin reducir la legibilidad, señala los lugares más probables en que se producirían los fenómenos y las intensidades que razonablemente se pueden temer.

Finalmente, se representaron los grandes ejes de circulación intra-urbana, los centros de salud capaces de dispensar primeros auxilios y la parte de la ciudad en donde las dificultades de circulación o de acceso son más notorias, todas informaciones cruciales en caso de catástrofe. Naturalmente, este documento no pretende ser un objeto operacional; su único objetivo es revelar la dimensión humana colectiva primera de una acción de emergencia, relacionada con los lugares potenciales de mayor riesgo.

En el cuadro presentado a continuación, los riesgos están clasificados en orden decreciente de intensidad.

#### **Risques morfodinámicos**

- 5 - Cavidades, zapas subterráneas, alta densidad de poblamiento
- 4 - Fuertes pendientes, densidad mediana de poblamiento
- 3 - Fuertes pendientes, baja densidad de poblamiento
- 2 - Numerosas quebradas rellenadas, densidad de poblamiento variable
- 1 - Riesgos bajos o nulos, densidad de poblamiento baja a muy baja

#### **Risques volcánicos**

- 5 - Lahares de gran magnitud, conos de deyección, numerosas quebradas rellenadas, lluvia de cenizas
- 4 - Lahares de magnitud limitada, lluvia de cenizas
- 3 - Depósitos de lodo, procesos de soliflucción, pendientes débiles desestabilizadas, lluvia de cenizas
- 2 - Lluvia de cenizas, densidad variable de poblamiento
- 1 - Lluvia de cenizas, densidad de poblamiento baja a muy baja

#### **Hábitat y sismos**

- 5 - Fallas reactivadas, hundimiento de bóveda de las cavidades, densidad relativa de poblamiento
- 4 - Fuertes pendientes, numerosas quebradas, vetustez de las construcciones, construcciones de calidad mediocre que soportan mal las fuerzas laterales de corte, edificios vulnerables de más de 9 pisos, densidad de poblamiento variable pero relativamente alta
- 3 - Pendientes marcadas, construcciones bajas o de poca altura, construcciones vetustas frágiles que no soportan las fuerzas laterales de corte, densidad variable de poblamiento
- 2 - Construcciones bajas, calidad de construcciones variable y generalmente mediocre, baja densidad de poblamiento
- 1 - Densidad de poblamiento baja a muy baja

#### **COMENTARIO**

Lo que se revela con gran evidencia es que ningún lugar de Quito está completamente al resguardo de un riesgo natural (figura principal). Los riesgos morfodinámicos, si bien son los más frecuentes, son igualmente los más benignos (figura 1). Fuera de algunos escarpes de falla (avenida González Suárez), el punto alto del Panecillo, el inicio del curso de la gran quebrada de la 24 de Mayo y los flancos del cañón del Machángara, el único barrio que parece estar sometido a todos los riesgos, y con una intensidad máxima, es el de Tarquí. Está implantado en el Sur, en las pendientes del Pichincha, entre las curvas de 2.850 m y 2.940 m. Este barrio se presenta como expuesto a todos los peligros naturales y cabe preguntarse cómo se pudo permitir su edificación!

Se considera que el resto de Quito es poco sensible a perturbaciones morfodinámicas. Sin embargo, hay que anotar que los espacios más empinados están a merced de incidentes anunciados como menores por su intensidad pero que pueden ser muy perjudiciales para el funcionamiento de la ciudad en esos sectores. Se trata de los barrios que dominan el aeropuerto y los situados en las pendientes.

Las áreas construidas que podrían sufrir del volcanismo parecen más extensas (figura 2). Corresponden a todas las pendientes bajas del Pichincha vulnerables a los flujos de lodo, los lahars y también las lluvias de cenizas. Esta constatación no puede sorprender, es lógica. Sin embargo, Quito sigue estando protegida del Guagua Pichincha (parte activa del volcán) justamente por el relieve del segundo conjunto del macizo, el Rucu Pichincha.

El barrio Tarquí se encuentra también en este caso sometido a riesgos reales, al igual que la parte noroccidental de la ciudad que domina lugares de actividad económica mayor: el aeropuerto y el barrio de negocios. Estos se encuentran en la parte inferior de espacios que se revelan como los primeros que serían afectados por las lluvias de cenizas y, consecuentemente, por eventuales lahars. Se puede temer entonces que en caso de una erupción, incluso de mediana amplitud, el barrio de negocios y el aeropuerto (lo que sucedió hace algunos años a causa de un aluvión) se vean paralizados temporalmente.

Pero son los riesgos sísmicos los que más se deben temer (figura 3). Sólo el extremo norte y el extremo sur de Quito escapan aparentemente a ellos. Al parecer, son las partes bajas, limosas, de la ciudad las más frágiles, aunque también, como es lógico, los barrios de Bellavista y La Paz (González Suárez) que se elevan sobre un campo de fallas.

Sin embargo, también en este caso, las pendientes bajas del Pichincha que dominan el aeropuerto aparecen como frágiles. Toda la ciudad anterior a 1950 ocupa igualmente espacios considerados como relativamente vulnerables.

El mapa principal permite constatar que las extensiones norte y, en menor medida, sur, son los lugares menos expuestos de Quito y revela igualmente que:

- el peligro potencial es menor en los lugares no construidos, lo cual es evidente puesto que los riesgos no son tales sino en la medida en que haya destrucción de bienes o de personas; sin embargo, esto significa igualmente que, si por ventura, tales espacios no construidos son lotizados (lo que comienza a hacerse desde hace algún tiempo) se clasificarían de hecho entre los sectores de grandes riesgos;

RIESGOS NATURALES DE QUITO  
RISQUES NATURELS DE QUITO

78° 32'

78° 28'



0° 08'

Origen e intensidad del fenómeno - *Origine et intensité du phénomène*

1	2	3	
			Bajo o nulo - <i>Faible ou inexistant</i>
			Medio bajo - <i>Moyen bas</i>
			Medio - <i>Moyen</i>
			Medio alto - <i>Moyen haut</i>
			Alto - <i>Élevé</i>

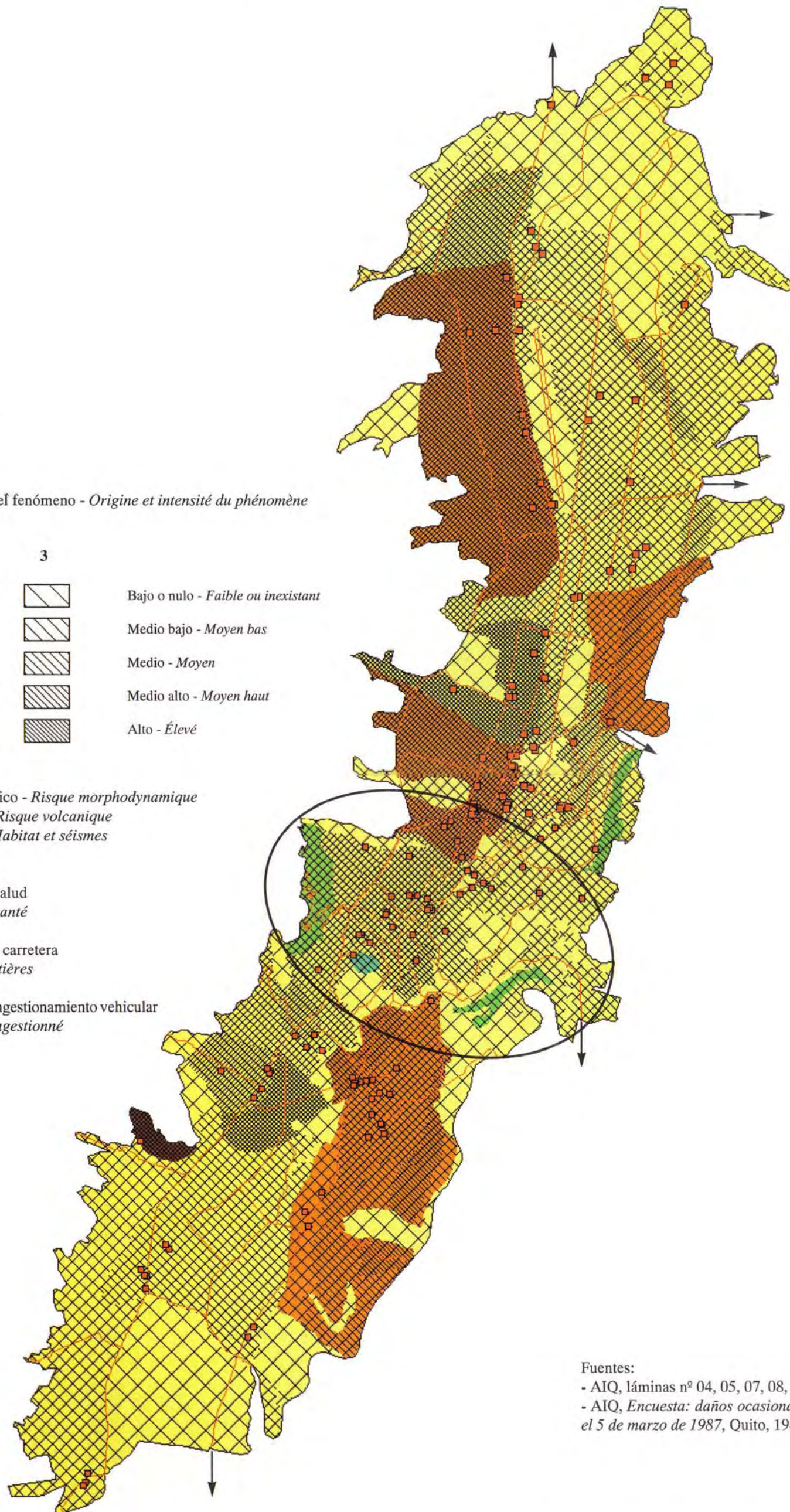
- 1 Riesgo morfodinámico - *Risque morphodynamique*
- 2 Riesgo volcánico - *Risque volcanique*
- 3 Hábitat y sismos - *Habitat et séismes*

Centro de salud  
*Centre de santé*

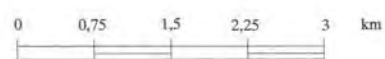
Salidas por carretera  
*Sorties routières*

Zona de congestión vehicular  
*Secteur congestionné*

0° 15'



Fuentes: *Sources :*  
 - AIQ, láminas nº 04, 05, 07, 08, 10, 30, 40  
 - AIQ, Encuesta: daños ocasionados por el sismo producido el 5 de marzo de 1987, Quito, 1988-1989



- qu'une partie des installations de santé, donc des lieux de secours et de première urgence, sont dans les secteurs à risques moyens ou élevés, et pourraient dès lors être inutilisables en cas de secousses de forte intensité ;

- que les difficultés de circulation dans le vieux centre de Quito et les difficultés d'accès des quartiers, tant en rues fortement pentues qu'en escaliers et en impasses, de San Juan, El Tejar, San Roque et La Tola, amplifieraient indubitablement les effets catastrophiques d'un séisme de forte magnitude.

## PERSPECTIVES

On pourrait penser que, ces catastrophes étant naturelles, il n'y a guère de perspectives que l'on puisse gérer. Ce serait une erreur de jugement. Il y a nécessairement des attitudes préventives possibles. On peut en énoncer quelques unes.

1/ Exiger pour toute urbanisation sur les espaces à risques non négligeables, des études d'implantation prenant en compte la stabilité des sols, leur protection végétale ou renforcée par des travaux préalables, la facilité d'accès des secours, etc. Naturellement cela se fait, ou se devrait faire, pour l'obtention d'un permis de construire concernant un édifice d'une certaine importance, mais il est peu probable que cette règle soit suivie pour la construction d'une maison ordinaire.

2/ Prévoir un plan de protection civile, plan dit ORSEC (*organisation des secours*) qui concerne non seulement l'évacuation accélérée des lieux publics mais encore qui ne soit pas mis hors jeu au moment où il sera nécessaire de le déclencher, ce qui signifie que certains centres de premiers soins doivent se trouver dans les secteurs de la ville où les risques sont les plus improbables, au nord de Quito ou au sud, en proche banlieue. Par ailleurs, sachant qu'aucun point de Quito n'est totalement à l'abri d'une catastrophe majeure, ces centres doivent être répartis de manière à ce que toujours il en demeure opérationnels un nombre significatif. Une telle conception implique naturellement que l'installation de centres de soins obéisse à un minimum de planification municipale.

3/ Informer correctement les Quiténiens de ce qu'ils auraient à faire en cas d'urgence. Or, les études de Robert D'Ercole, concernant le Cotopaxi et les risques que ferait courir jusqu'aux portes de Quito le déclenchement d'un lahar puissant, ont montré (cf. planche n° 4) que sur ce point les comportements de la population en danger potentiel sont loin d'être rationnels. Cet aspect devrait faire l'objet d'une information dans toutes les écoles primaires de Quito, au même titre qu'on y enseigne, ou qu'on devrait y enseigner, la façon de traverser la chaussée sans se faire renverser par un véhicule quelconque.

- parte de las instalaciones de salud, capaces de brindar primeros auxilios y atención de emergencia, están localizadas en los sectores de riesgos medianos o elevados, y podrían por lo tanto ser ineficaces en caso de sacudidas de fuerte intensidad;

- los problemas de circulación en el centro viejo de Quito y el difícil acceso a los barrios tanto por calles muy empinadas como por escalinatas y callejones en el caso de San Juan, El Tejar, San Roque y La Tola, amplificarían sin duda los efectos catastróficos de un sismo de fuerte magnitud.

## PERSPECTIVAS

Se podría pensar que, tratándose de catástrofes naturales, apenas hay perspectivas de poder controlarlas. Sería un error de juicio. Existen necesariamente actitudes preventivas posibles, entre las que se pueden enunciar:

1/ Exigir, para toda urbanización en los espacios sometidos a riesgos considerables, estudios de implantación que tomen en cuenta la estabilidad de los suelos, su protección vegetal o reforzada por obras previas, la facilidad de acceso de emergencia, etc. Naturalmente, ello se hace, o debería hacerse, para la obtención de un permiso de construcción de un edificio de cierta importancia, pero es poco probable que se respete esa regla tratándose de la construcción de una casa ordinaria.

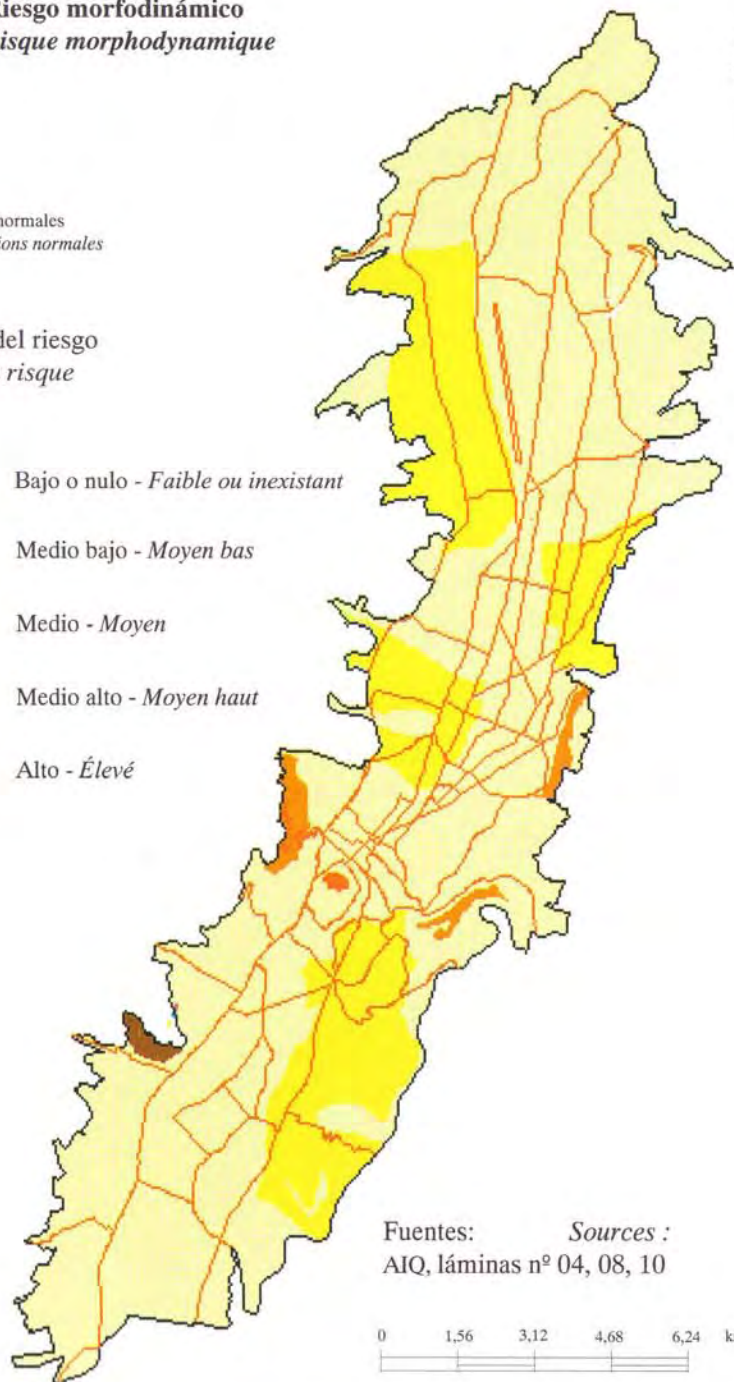
2/ Prever un plan de protección civil, llamado ORSEC (*organisation des secours* — organización de las emergencias —) que no sólo concierna la rápida evacuación de los lugares públicos sino que no sea imposible de aplicar al momento en que haga falta ponerlo en marcha, lo que significa que ciertos centros de primeros auxilios deben situarse en los sectores de la ciudad en donde los riesgos son menores, al Norte de Quito o al Sur, en las afueras próximas. Además, sabiendo que ningún punto de Quito está totalmente al resguardo de una catástrofe mayor, estos centros deben estar distribuidos de manera que la mayoría sean siempre operacionales. Una concepción como esta implica naturalmente que la instalación de centros de atención obedezca a un mínimo de planificación municipal.

3/ Informar correctamente a los quiteños sobre lo que deberían hacer en caso de emergencia. Ahora bien, los estudios de Robert d'Ercole, sobre el Cotopaxi y los riesgos que haría correr hasta las puertas de Quito el desencadenamiento de un poderoso lahar, mostraron (ver lámina n° 4) que ante este punto, los comportamientos de la población en peligro potencial están lejos de ser racionales. Este aspecto debería ser objeto de información en todas las escuelas primarias de Quito, al igual que se enseña, o que se debería enseñar, la manera de cruzar la calle sin dejarse atropellar por un vehículo.

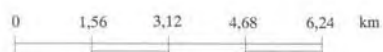
**Figura 1 Riesgo morfodinámico**  
**Figure 1 Risque morphodynamique**

En condiciones normales  
 Dans des conditions normales

Intensidad del riesgo  
 Intensité du risque



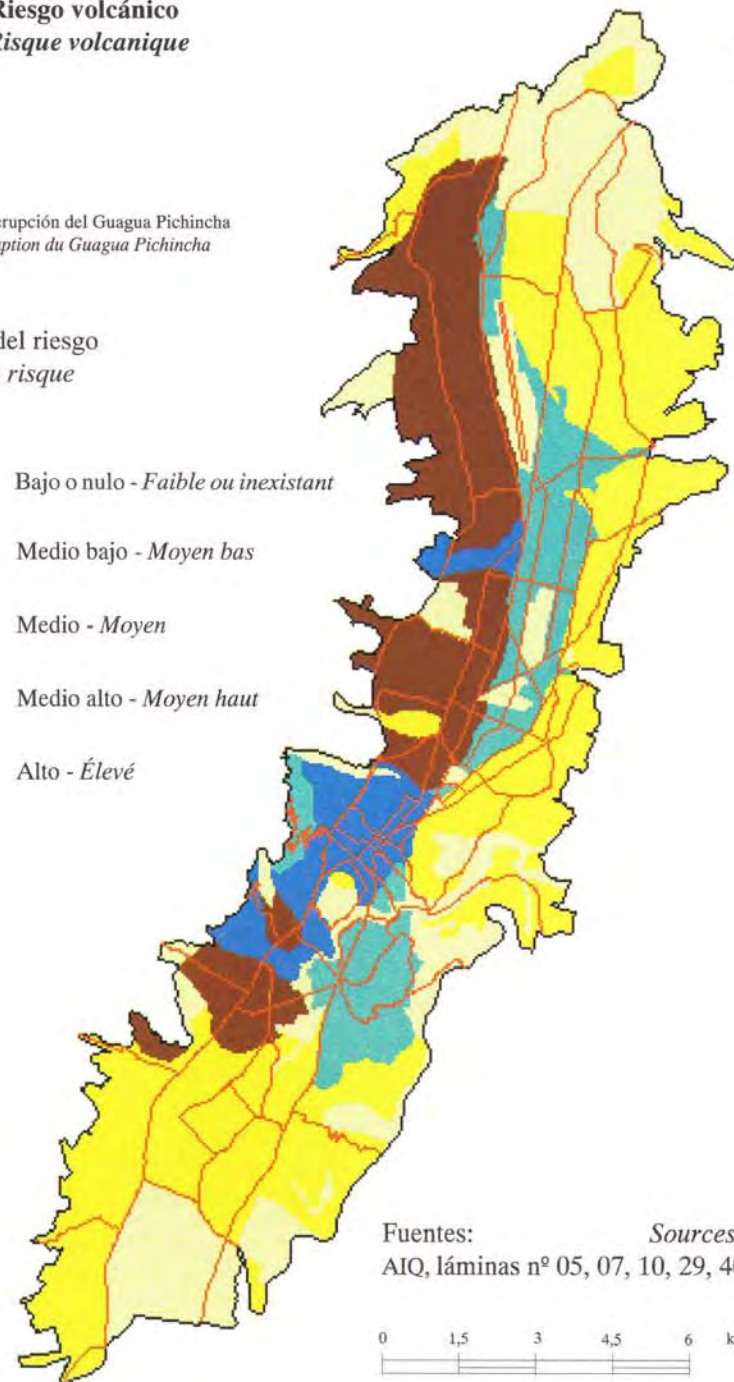
Fuentes: Sources :  
 AIQ, láminas nº 04, 08, 10



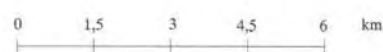
**Figura 2 Riesgo volcánico**  
**Figure 2 Risque volcanique**

En caso de una erupción del Guagua Pichincha  
 En cas d'une éruption du Guagua Pichincha

Intensidad del riesgo  
 Intensité du risque



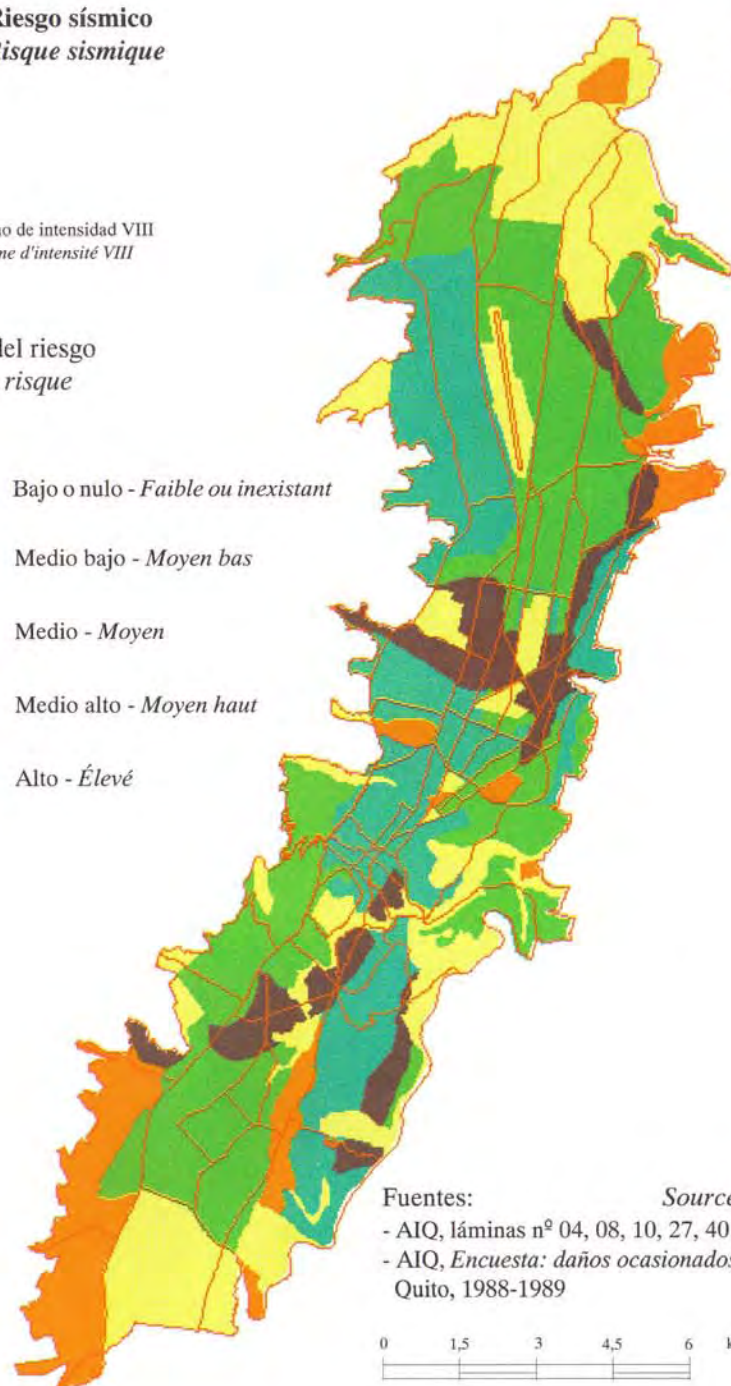
Fuentes: Sources :  
 AIQ, láminas nº 05, 07, 10, 29, 40



**Figura 3 Riesgo sísmico**  
**Figure 3 Risque sismique**

En caso de seísmo de intensidad VIII  
 En cas d'un séisme d'intensité VIII

Intensidad del riesgo  
 Intensité du risque



Fuentes: Sources :  
 - AIQ, láminas nº 04, 08, 10, 27, 40  
 - AIQ, Encuesta: daños ocasionados...,  
 Quito, 1988-1989

