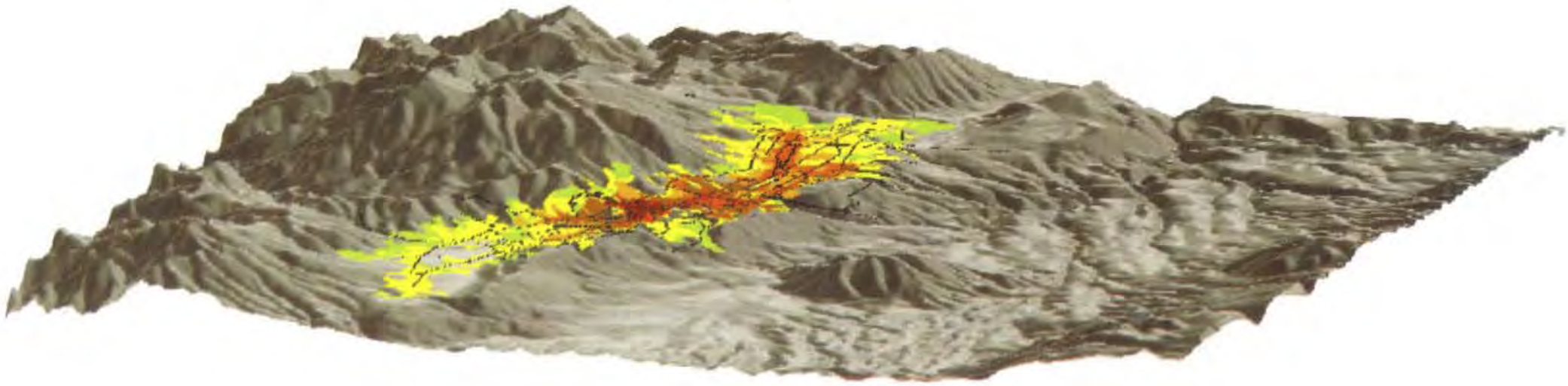


socio-dinámica del espacio y política urbana



socio-dynamique de l'espace et politique urbaine



ORSTOM



société, urbanisation,
développement

*L'Institut français de recherche
scientifique pour le développement en
coopération*

Módulo numérico de terreno de la portada

La ciudad de Quito y su crecimiento, software *Savane*, © ORSTOM, 1992

Modèle numérique de terrain de la couverture

La ville de Quito et sa croissance, logiciel Savane, © ORSTOM, 1992

Ficha de documentación

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM); INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFÍA E HISTORIA SECCIÓN NACIONAL DEL ECUADOR (IPGH); INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION (ORSTOM). — **Atlas infográfico de Quito: socio-dinámica del espacio y política urbana / Atlas infographique de Quito : socio-dynamique de l'espace et politique urbaine.** — 41 láminas bilingües (español, francés), cuadr., gráf., biblio. ; 29,7 x 42
ISBN : 2-7099-1083-7 (para Europa, África, Asia y Oceanía)

Difusión exclusiva para las Américas

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA SECCIÓN NACIONAL DEL ECUADOR (IPGH)
Siniergues s/n y Paz y Miño (IGM tercer piso) - Quito - ECUADOR
Apartado 3898 - Quito - ECUADOR
Telf.: 522-495, Ext. 38; 541-627; 525-378

Fiche documentaire

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM) ; INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA SECCIÓN NACIONAL DEL ECUADOR (IPGH) ; INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION (ORSTOM). — **Atlas infográfico de Quito: socio-dinámica del espacio y política urbana / Atlas infographique de Quito : socio-dynamique de l'espace et politique urbaine.** — 41 planches bilingues (espagnol, français), tabl., graph., bibliogr. ; 29,7 x 42
ISBN : 2-7099-1083-7 (pour l'Europe, l'Afrique, l'Asie et l'Océanie)

Diffusion exclusive pour l'Europe, l'Afrique, l'Asie et l'Océanie

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION (ORSTOM)
213, rue La Fayette - 75480 Cédex 10 - FRANCE
Tél : (1) 48 03 77 77
Télex : ORSTOM 214 627 F
Télécopie : 48 03 08 29

Los mapas publicados en esta obra no pueden en ningún caso tener un valor jurídico de referencia

Les cartes publiées dans cet ouvrage ne peuvent en aucun cas avoir une valeur juridique de référence

COMITÉ DE DIRECCIÓN - COMITÉ DE DIRECTION

Germán RUIZ ZURITA (1982 - 1984)
Segundo CASTRO CASTILLO (1984 - 1986)
Marco MIÑO MONTALVO (1986 - 1986)
Marcelo ALEMÁN SALVADOR (1987 - 1988)
Bolívar ARÉVALO VILLAROEL (1988 - 1990)
Cesar DURÁN ABAD (1990 - 1991)
Eduardo SILVA MARIDUEÑA (1991 - 1992)
Aníbal SALAZAR ALBÁN (en funciones)

Directores del IGM y Presidentes del
IPGH

Medardo TERÁN RODRÍGUEZ

Secretario Técnico del IPGH Sección
Nacional del Ecuador

Pierre POURRUT (1987 - 1990)

René MAROCCO (en fonction)

Représentants de l'ORSTOM en
Équateur

COMITÉ CIENTÍFICO - COMITÉ SCIENTIFIQUE

Jeanett VEGA (1987 - 1991)

Investigadora del IGM

Aníbal SALAZAR (1991 - 1992)

Director del IGM

María Augusta FERNÁNDEZ

Investigadora del IPGH

Henri GODARD

Chargé de recherche à l'ORSTOM

René de MAXIMY

Directeur de recherche à l'ORSTOM

DIRECCIÓN CIENTÍFICA - DIRECTION SCIENTIFIQUE

René de MAXIMY

SECRETARIO CIENTÍFICO - SECRÉTARIAT SCIENTIFIQUE

Henri GODARD

DIRECCIÓN INFORMÁTICA - DIRECTION INFORMATIQUE

Marc SOURIS

COLABORACIONES COLLABORATIONS

Rodrigo ACOSTA
Eduardo BALDEÓN
Olivier BARBARY
Orlando BAQUERO
Lucía BEDOYA
Alain CHOTIL
Galo COBO
Françoise DUREAU
Carlos ESPINEL
Soledad GALIANO
Jakeline JARAMILLO
Bolívar JIMÉNEZ
Bernard LORTIC
Nicole MARCEL
Tanya MEJÍA
Alain MICHEL
Claude de MIRAS
Darwin MONTALVO
Marío MORÁN
Laura PEREZ
Guido PINTADO
Rommel PROAÑO
Beatriz RIVERA
Jorge ROJAS
Juan SARRADE
José TUPIZA
Michael ZAPATA
René VALLEJO

BASE DE DATOS - BASE DE DONNÉES

CARTOGRAFÍA - CARTOGRAPHIE

TALLERES GRÁFICOS - ATELIERS GRAPHIQUES

SEPARACIÓN DE COLORES - SÉPARATION DE COULEURS

COMPOSICIÓN - COMPOSITION

FOTOGRAFADO - PHOTOGRAVURE

TRADUCCIÓN - TRADUCTION

IMPRESIÓN - IMPRESSION

PORTADA - COUVERTURE

ENCUADERNACIÓN - RELIURE

El banco de datos fue creado y manejado con el Sistema de Información Geográfica SAVANE (© ORSTOM, 1984-1992)
La base de données a été créée et gérée avec le Système d'Information Géographique SAVANE (© ORSTOM, 1984-1992)

Las láminas fueron compuestas en letras de molde TIMES - Les planches ont été composées en caractères TIMES

Marc SOURIS (responsable)
Jeanett VEGA (responsable)

Henri GODARD (responsable)
Marc SOURIS (responsable)

Graffiti
Macgeneración

Imprenta Mariscal
El Comercio

Henri GODARD (responsable)

Instituto Geográfico Militar (IGM)

María Dolores VILLAMAR (Trébol)

Instituto Geográfico Militar (IGM)

Instituto Geográfico Militar (IGM)

Instituto Geográfico Militar (IGM)

LISTA DE LOS AUTORES - LISTE DES AUTEURS

Jean-Guilhem BASTIDE

Mathématicien (MASS), Allocataire à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Marie S. BOCK

Géographe, Allocataire à l'Institut français d'études andines (IFEA) rattachée à l'Université de Toulouse-Le Mirail (IPEALT)

Bernard CASTELLI

Économiste, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

Géographe, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Anne COLLIN DELAUAUD

Docteur d'État, Professeur à l'Université de Paris III, Centre de recherche et de documentation sur l'Amérique latine (CREDAL)

Dominique COURET

Docteur en Géographie, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

María Augusta CUSTODE

Arquitecta, Dirección de la Planificación Urbana del Ilustre Municipio de Quito (IMQ)

Robert D'ERCOLE

Docteur en Géographie, Pensionnaire à l'Institut français d'études andines (IFEA)

Álvaro DÁVILA

Ingeniero geógrafo, Investigador del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)

Anne-Claire DEFOSSEZ

Sociologue, Chercheur à l'Institut santé et développement de l'Université de Paris VI et associée au Centro de Estudios y Asesoría en Salud (CEAS)

Jean-Paul DELER

Docteur d'État, Directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS)

Didier FASSIN

Médecin, anthropologue, Pensionnaire à l'Institut français d'études andines (IFEA) et chercheur associé au Centro de Estudios y Asesoría en Salud (CEAS)

María Augusta FERNÁNDEZ

Ingeniera geógrafa, Investigadora del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)

Henri GODARD

Docteur en Géographie, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Juan LEÓN

Docteur en Sociologie, coordinador del Centro Ecuatoriano De Investigación en Geografía (CEDIG)

René de MAXIMY

Docteur d'État, Directeur de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Pierre PELTRE

Docteur en Géographie, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Marc SOURIS

Ingénieur en informatique, Chargé de recherche à l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Jeanett VEGA

Ingeniera geógrafa, Investigadora del IGM

Las opiniones vertidas comprometen únicamente a los autores y no a las instituciones a las que pertenecen

Les opinions exprimées n'engagent que leurs auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent

MIEMBROS DEL COMITÉ DE EVALUACIÓN - MEMBRES DU COMITÉ D'ÉVALUATION

Patricia ASPIAZU

André BALLUT

Bernard COCHET

Olivier DOLLFUS

Jean-Paul DELER

Anne COLLIN DELAUAUD

Xavier FONSECA

Jean-Paul GILG

Nelson GÓMEZ

Jorge LEÓN

Juan LEÓN

Christian de MUIZON

Antonio NARVÁEZ

Lelia OQUENDO

Aníbal ROBALINO

Yves SAINT-GEOURS

Olga SANI

Carlos VELASCO

Con el apoyo de los siguientes organismos e instituciones:

Ambassade de France

Banco Central

Banco Ecuatoriano de la Vivienda (BEV)

Bancos ecuatorianos y extranjeros

Bureaux régionaux de coopération scientifique et technique (Chili, Costa Rica, Venezuela)

Centro de Levamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN)

Centro Ecuatoriano De Investigación Geográfica (CEDIG)

Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas (CEPEIGE)

Centre National de la Recherche Scientifique

Colegio de Geógrafos del Ecuador

Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE)

Corporación Ecuatoriana de Turismo (CETUR)

Dirección General de Aviación Civil

Dirección Nacional de Tránsito

Empresa Eléctrica Quito S.A.

Empresa Municipal de Agua Potable (EMAP-Q)

Empresa Municipal de Alcantarillado (EMA)

Empresa Municipal de Rastro

Escuela Politécnica del Ejército (ESPE)

Escuela Politécnica Nacional (EPN), Instituto Geofísico

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)

Institut français d'études andines

Ilustre Municipio de Quito (IMQ)

Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL)

Avec le concours des institutions et organismes suivants :

Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN)

Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS)

Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI)

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)

Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL)

Instituto Geográfico Militar (IGM)

Instituto Nacional de Energía (INE)

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)

Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

Ministerio de Bienestar Social y Promoción Popular

Ministerio de Defensa Nacional

Ministerio de Educación, Cultura y Deportes

Ministerio de Energía y Minas

Ministerio de Industrias, Comercio e Integración

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones

Ministerio de Relaciones Exteriores

Ministerio de Salud Pública

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Superintendencia de Bancos

Superintendencia de Compañías

Universidad Central del Ecuador

Avant-propos (Jorge SALVADOR LARA)

Prólogo (Jorge SALVADOR LARA)

De la base de données à l'Atlas Infographique de Quito : genèse et gestion d'un outil scientifique et de planification urbaine - Équipe Atlas

De la base de datos al Atlas Infográfico de Quito: génesis y manejo de un instrumento científico y de planificación urbana - Equipo Atlas

Plans de référence

Planos de referencia

CHAPITRE 1. PHÉNOMÈNE URBAIN ET CONTRAINTES GÉOGRAPHIQUES

CAPÍTULO 1. FENÓMENO URBANO Y LIMITACIONES GEOGRÁFICAS

Quito et l'Aire métropolitaine

Quito y su Área Metropolitana

01. La distribution de la population urbaine équatorienne et la croissance de la capitale

01. La distribución de la población urbana ecuatoriana y el crecimiento de la capital

Henri GODARD ; Jeanett VEGA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

02. Situation et site : modèles numériques de terrain

02. Situación y sitio: modelos numéricos de terreno

María Augusta FERNÁNDEZ ; Marc SOURIS

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

03. Les dynamiques de la croissance de l'agglomération de Quito

03. Las dinámicas del crecimiento de la aglomeración de Quito

Anne COLLIN DELAUAUD

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

04. Stabilité géomorphologique de la région de Quito

04. Estabilidad geomorfológica de la región de Quito

Álvaro DÁVILA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

Risques naturels et occupation de l'espace

Riesgos naturales y ocupación del espacio

05. Risques volcaniques de l'Aire Métropolitaine de Quito

05. Riesgos volcánicos del Área Metropolitana de Quito

Álvaro DÁVILA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

06. La population de la province du Pichincha face au volcan Cotopaxi. Aléas, risque et vulnérabilité

06. La población de la provincia de Pichincha frente al volcán Cotopaxi. Peligros, riesgo y vulnerabilidad

Robert D'ERCOLE

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

07. Risque morphoclimatique historique

07. Riesgo morfoclimático histórico

Pierre PELTRE

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

08. Constructibilité de Quito

08. Constructibilidad de Quito

Álvaro DÁVILA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

09. Les risques naturels

09. Los riesgos naturales

Álvaro DÁVILA ; René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: María Augusta FERNÁNDEZ

CHAPITRE 2. ARTICULATION STRUCTURELLE : DÉMOGRAPHIE ET SOCIO-ÉCONOMIE

CAPÍTULO 2. ARTICULACIÓN ESTRUCTURAL: DEMOGRAFÍA Y SOCIO-ECONOMÍA

Caractéristiques démographiques

Características demográficas

10. Densités des populations

10. Densidades de la población

René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

11. Âge et sexe

11. Edad y sexo

René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

12. Catégories socio-professionnelles

12. Categorías socio-profesionales

René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

13. Population et appropriation de l'espace

13. Población y apropiación del espacio

René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

14. Cohabitation

14. Cohabitación

René de MAXIMY

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

Activités

Actividades

15. Activités : localisation et densité

15. Actividades: localización y densidad

Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

16. Les tiendas

16. Las tiendas

Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

17. Les activités de la construction

17. Las actividades de la construcción

Bernard CASTELLI ; Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

18. Caractérisation des principaux axes en fonction des activités dominantes

18. Caracterización de los principales ejes en función de las actividades dominantes

Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

CHAPITRE 3. SYSTÈMES, HIÉRARCHIES FONCTIONNEMENT ET DYSFONCTIONNEMENTS

CAPITULO 3. SISTEMAS, JERARQUÍAS, FUNCIONAMIENTO Y DISFUNCIONAMIENTOS

Localisation des équipements et services collectifs

Ubicación de los equipamientos y servicios colectivos

19. Établissements et fréquentation scolaires

19. Establecimientos y frecuentación escolares

René de MAXIMY ; Jeanett VEGA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; Jeanett VEGA

20. Sociologie et histoire du système de soins

20. Sociología e historia del sistema de atención médica

Anne-Claire DEFOSSEZ ; Didier FASSIN ; Henri GODARD

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; Jeanett VEGA

21. Bipolarité patrimoine « réel » et consommation culturelle

21. Bipolaridad patrimonio « real » y consumo cultural

Marie S. BOCK ; Henri GODARD

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; Jeanett VEGA

Réseaux et infrastructures

Redes e infraestructuras

22. La problématique de l'eau potable

22. La problemática del agua potable

Jeanett VEGA

Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

23. L'évacuation des eaux usées

Jean-Guilhem BASTIDE ; Jeanett VEGA
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

23. La evacuación de las aguas servidas

24. Transports et voirie

Henri GODARD ; René de MAXIMY ; Jeanett VEGA
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

24. Transportes y red vial

25. Autres réseaux : téléphone et électricité

René de MAXIMY ; Jeanett VEGA
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

25. Otras redes: teléfono y energía eléctrica

26. Zones desservies par les réseaux principaux

Henri GODARD ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

26. Zonas atendidas por las redes principales

27. Grilles des services et des équipements

Henri GODARD ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; Jeanett VEGA

27. Mallas de servicios y equipamientos

28. Les flux aériens et téléphoniques : deux indicateurs de l'intégration de Quito au sein du système Monde

Henri GODARD ; Jeanett VEGA
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Jeanett VEGA

28. Los flujos aéreos y telefónicos: dos indicadores de la integración de Quito en el seno del sistema Mundo

CHAPITRE 4. DYNAMIQUES ET INÉGALITÉS
INTRA-URBAINES

CAPITULO 4. DINÁMICAS Y DESIGUALDADES
INTRA-URBANAS

29. Dynamiques du foncier quiténien

Bernard CASTELLI
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Bernard CASTELLI

29. Dinámicas del suelo en Quito

30. Typologie de l'habitat

María Augusta CUSTODE ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

30. Tipología del hábitat

Dynamiques du marché du sol et des propriétés

Dinámicas del mercado del suelo y de las propiedades

31. Formes spatiales de la propriété urbaine

Bernard CASTELLI
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Bernard CASTELLI

31. Formas espaciales de la propiedad urbana

32. L'espace des valeurs immobilières

Bernard CASTELLI
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Bernard CASTELLI

32. El espacio de los valores inmobiliarios

Quartiers

Barrios

33. Classification et analyse de quartiers

Henri GODARD ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; René de MAXIMY

33. Clasificación y análisis de barrios

34. Tentative de définition de zones urbaines homogènes

René de MAXIMY ; Marc SOURIS
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; René de MAXIMY

34. Tentativa de definición de zonas urbanas homogéneas

35. Le comportement électoral dans les paroisses urbaines de Quito

Juan LEÓN
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; René de MAXIMY

35. El comportamiento electoral en las parroquias urbanas de Quito

CHAPITRE 5. ORGANISATION SPATIALE ET SÉGRÉGATION FONCTIONNELLE

CAPITULO 5. ORGANIZACIÓN ESPACIAL Y SEGREGACIÓN FUNCIONAL

Centralité urbaine et organisation de l'espace

Centralidad urbana y organización del espacio

36. Une approche des aires de centralité à partir de l'analyse de quelques indicateurs urbains

36. Un enfoque de las áreas de centralidad a partir del análisis de algunos indicadores urbanos

Henri GODARD ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD

37. Typologie des marchés, centres commerciaux et ossature de l'espace

37. Tipología de los mercados, centros comerciales y articulación del espacio

Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Philippe CAZAMAJOR d'ARTOIS

38. Hiérarchisation socio-économique de l'espace quiténien

38. Jerarquización socio-económica del espacio quiteño

René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: René de MAXIMY

39. Le plan régulateur G. Jones Odriozola et la structuration actuelle de l'espace urbain

39. El plan regulador G. Jones Odriozola y la estructuración actual del espacio urbano

Henri GODARD
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD

40. Les modes de composition urbaine

40. Los modos de composición urbana

Marie S. BOCK ; Henri GODARD ; René de MAXIMY
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD ; René de MAXIMY

41. Structures de l'espace quiténien : des chorèmes au modèle spécifique

41. Estructuras del espacio quiteño: de los coremas al modelo específico

Jean-Paul DELER ; Henri GODARD
Responsabilité scientifique - Responsabilidad científica: Henri GODARD

Annexe - Lecture discursive de l'atlas : quelques exemples

Anexo - Lectura discursiva del atlas: algunos ejemplos

Henri GODARD ; René de MAXIMY

SOURCES Y LIMITES

- 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 quiténienne.

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, periodo 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 lahares.

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 lahares; 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 periodo 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, lahares) 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 (lahares) 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 lahares 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 lahares. Para la elaboración del mapa de los riesgos de lahares 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 lahars 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 glacial y el escurrimiento han cavado en él numerosas quebradas. Dispersos en sus partes inferiores, se encuentran vastos mantos de materiales dejados por los lahars 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.

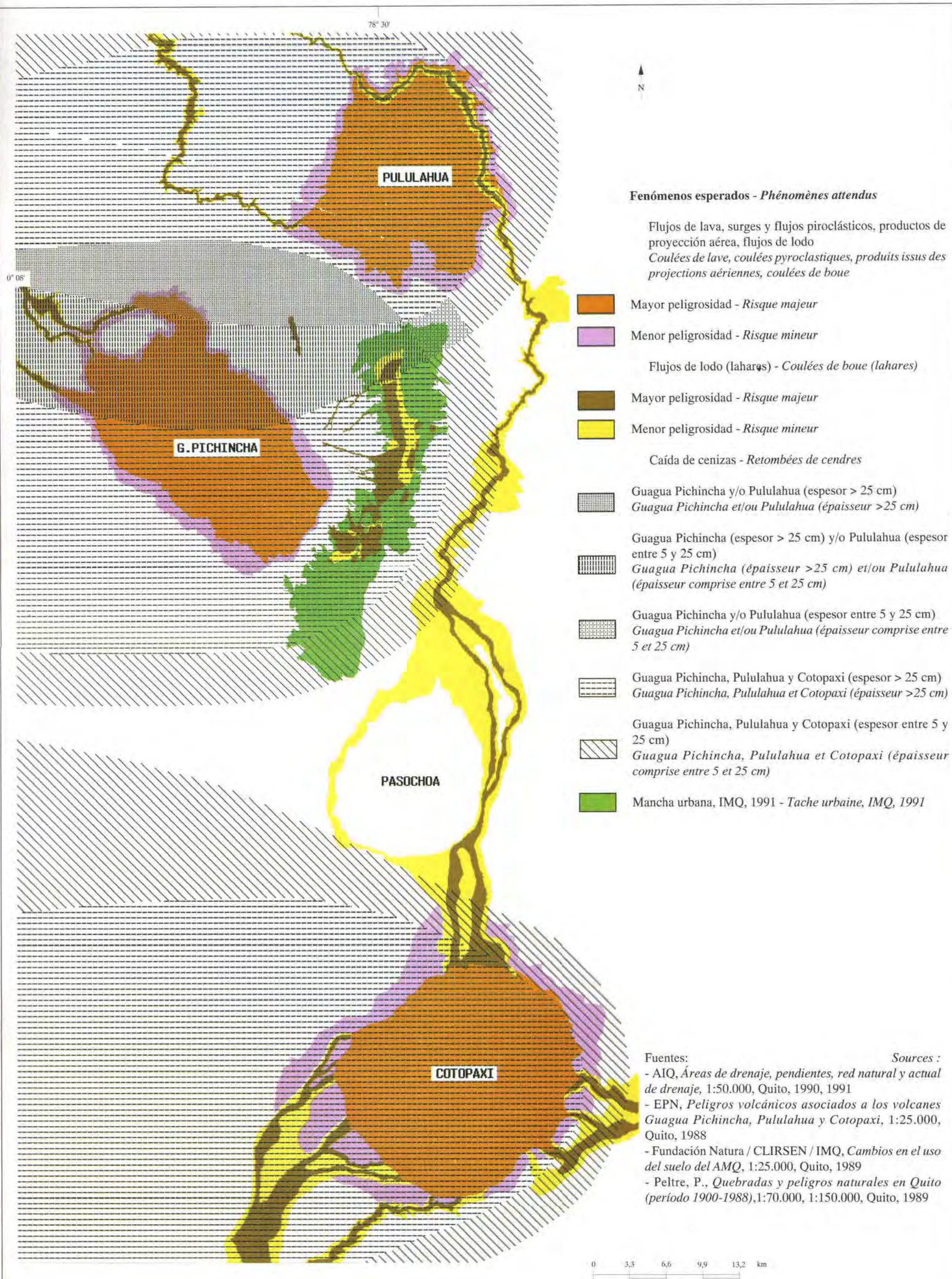
2. Fenómenos esperados

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



0 3,3 6,6 9,9 13,2 km

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 m³. 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 aux 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 m³ (52 000 m³ 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 m³. 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 (lapillís, 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 lahares 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 lahares 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 m³ (52.000 m³ 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

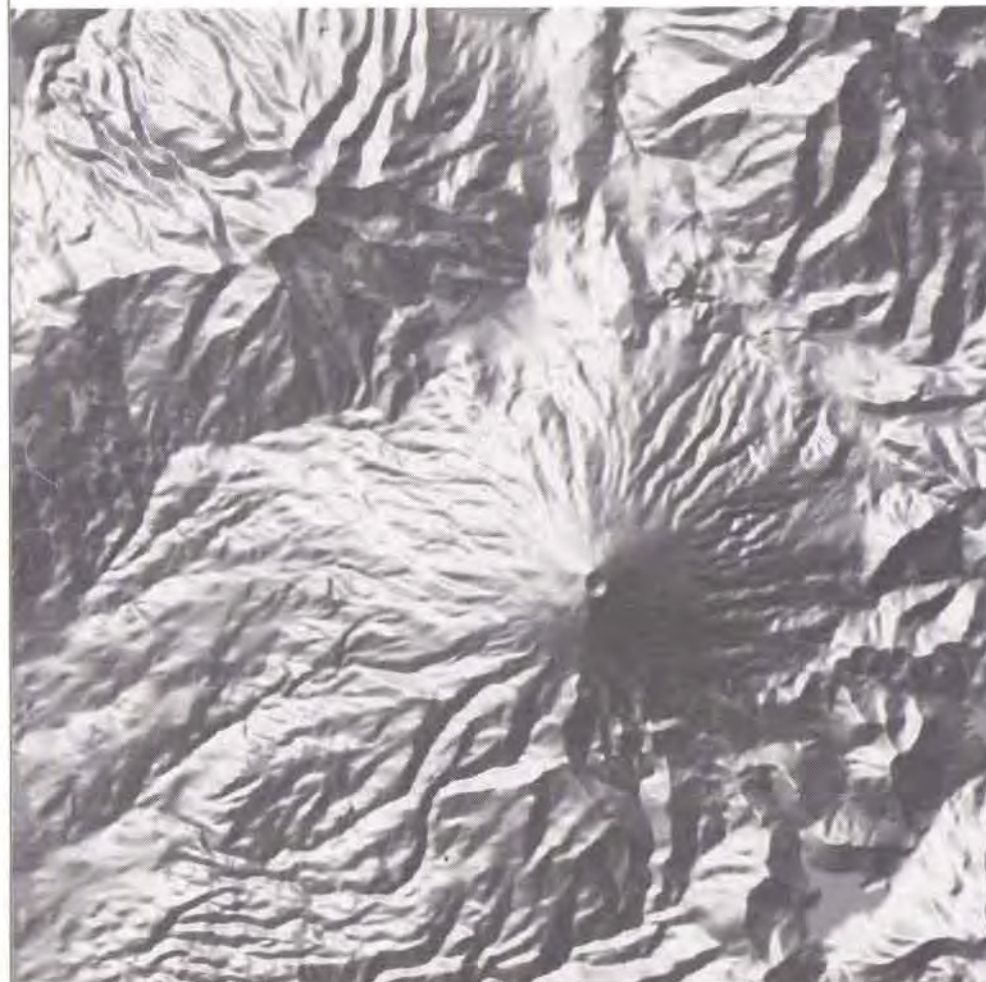


Situation géographique de la fenêtre
- Latitude : 0° 50' S - 0° 10' N
- Longitude : 79° 00' W - 78° 00' W

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

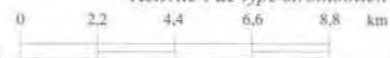


Figura 3 Volcán Guagua Pichincha - Figure 3 Volcan Guagua Pichincha



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

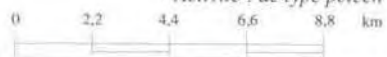


Figura 4 Volcán Pululahua - Figure 4 Volcan Pululahua



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

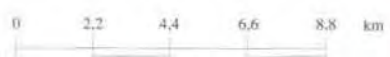
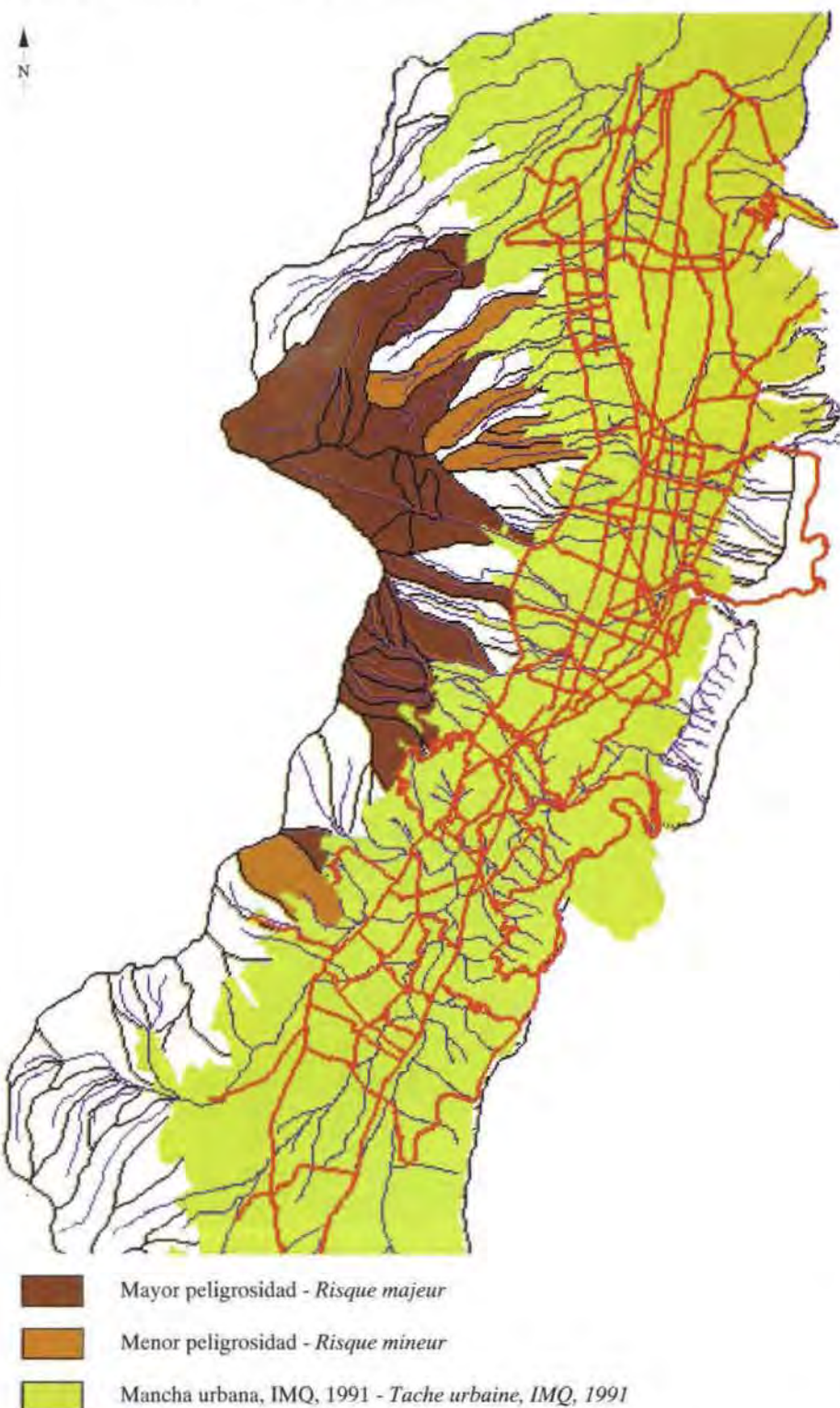


Figura 5 Riesgos asociados a las cuencas vertientes del Pichincha
Figure 5 Risques associés aux bassins versants du Pichincha



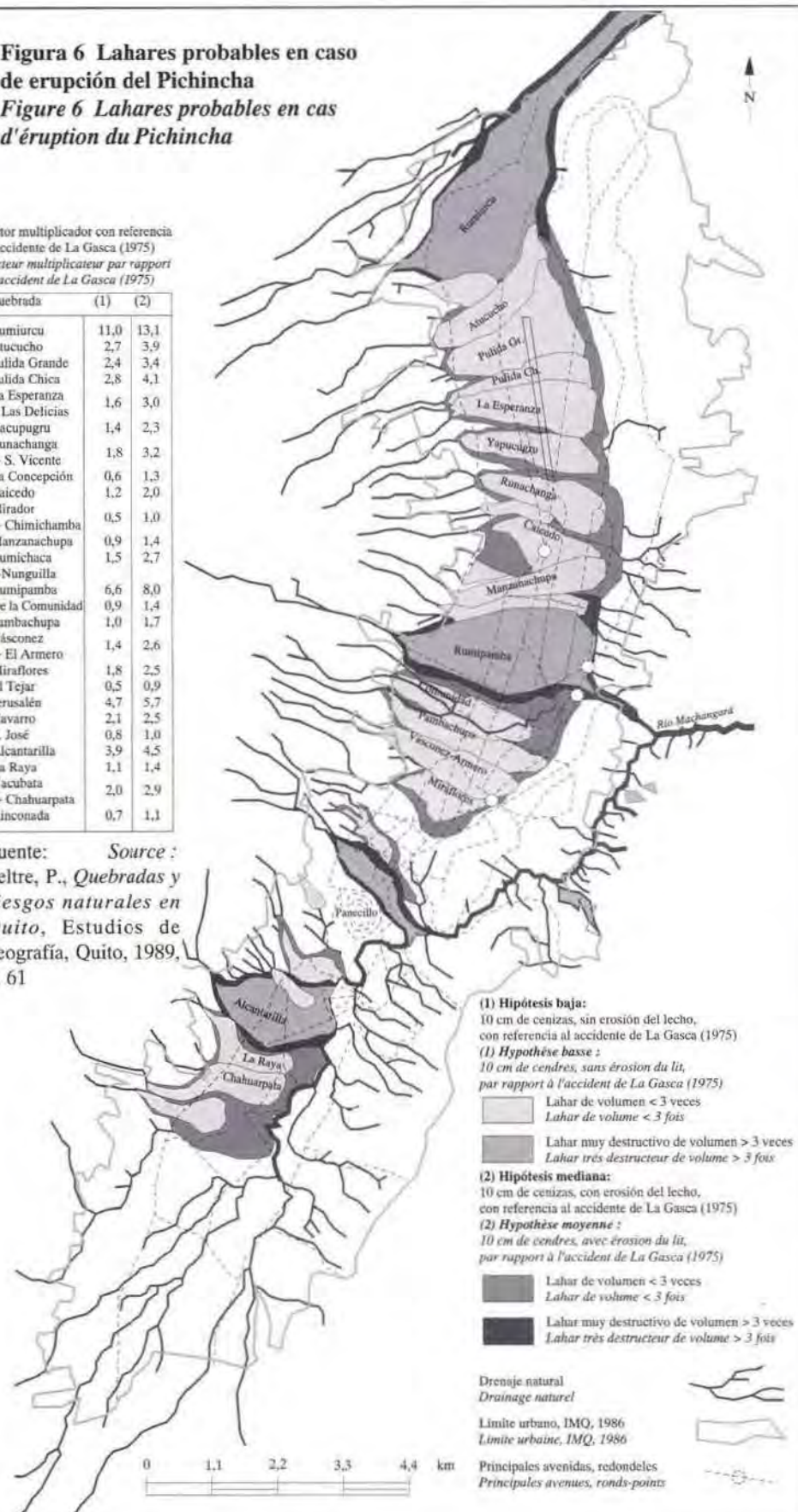
Fuente: - IGM, Fotografías aéreas, 1:60.000, Quito, 1979

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

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 de volume < 3 fois
 Lahar muy destructivo de volumen > 3 veces
 Lahar très destructeur de volume > 3 fois
 (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 de volume < 3 fois
 Lahar muy destructivo de volumen > 3 veces
 Lahar très destructeur de volume > 3 fois
 Drenaje natural
 Drainage naturel
 Límite urbano, IMQ, 1986
 Limite urbaine, IMQ, 1986
 Principales avenidas, redondeles
 Principales avenues, ronds-points

- 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 m³) — 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 m³, 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 movilizables 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 m³) — y cuatro alcanzarían cinco, seis y diez veces ese volumen. En una hipótesis mediana, podrían esperarse 17 lahars destructivos que superen los 100.000 m³, 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.