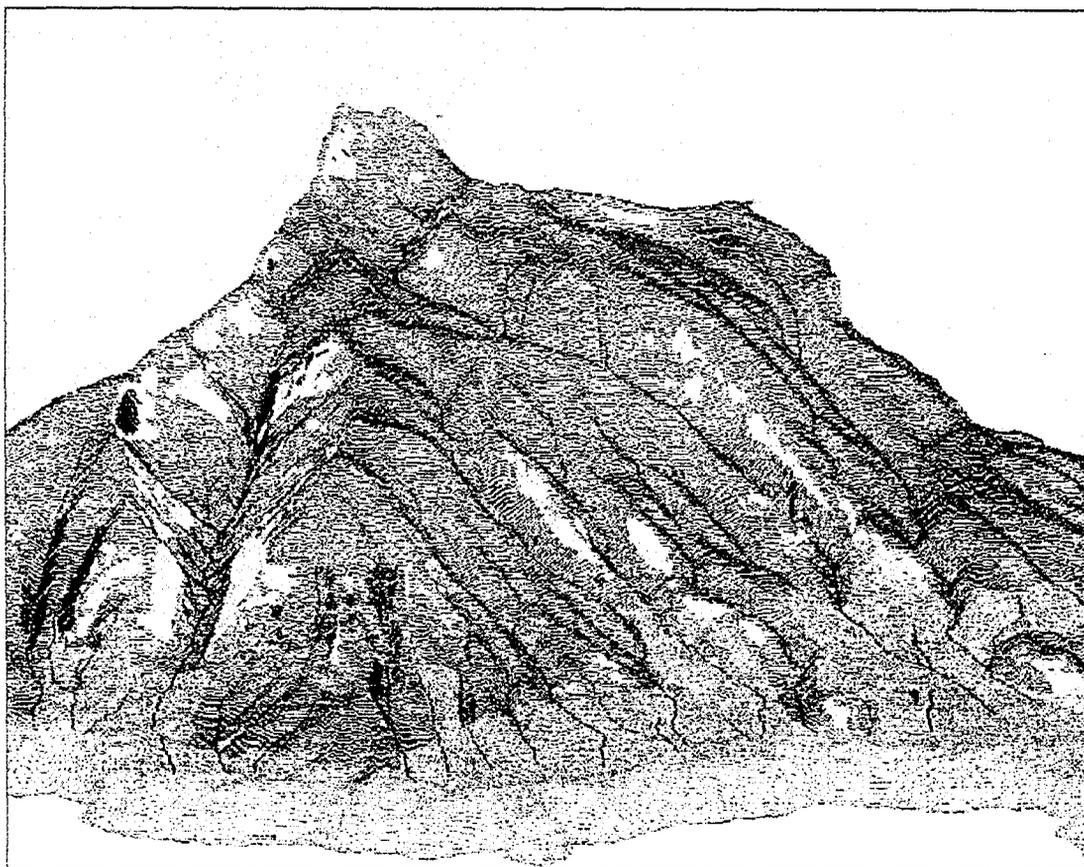


Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito. EMAAP-Quito
Sección Estudios y Diseños

INFORME SOBRE EL AREA DE HIDROLOGIA Y EL PROYECTO SISHILAD



Zonas de riesgo de deslizamiento en las Laderas del Pichincha
V. Risser . P. SISHILAD

Proyecto SISHILAD – Area de Hidrología
Quito, noviembre de 1998

IRD
Centre de documentation
Aparado 17-12-357
Quito-Équateur

Fonds Documentaire ORSTOM



010018128

ORSTOM Documentation



020005290

APR. 13 1999

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: **4x18128** Ex: **551**

INFORME DEL AREA DE HIDROLOGIA Y EL PROYECTO SISHILAD

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. ACTIVIDADES Y NECESIDADES DEL AREA DE HIDROLOGIA	2
3. INFORME DEL PROYECTO SISHILAD	3
3.1 Antecedentes	3
3.2 Ejecución de los trabajos	4
3.3 Resumen de resultados	5
3.4 Trabajos pendientes	8
3.5 Actividades y recursos previstos para la ampliación del proyecto	8
4. RECOMENDACIONES	9
5. DOCUMENTOS DEL PROYECTO SISHILAD Y EL AREA DE HIDROLOGIA	9
ANEXO N° 1. Convenio de Cooperación Científica y Técnica entre la EMAAP-Quito, el INAMHI y el ORSTOM de 1994.	

INFORME SOBRE EL AREA DE HIDROLOGIA Y EL PROYECTO SISHILAD

1. INTRODUCCION

El crecimiento de la población urbana de Quito y el aumento de la demanda de agua obliga a perfeccionar el uso de los recursos hídricos mediante la construcción de proyectos óptimos de agua potable y una adecuada operación de los mismos. Todo ello exige un conocimiento suficiente del régimen de las fuentes de agua, lo cual es posible gracias al desarrollo alcanzado por la hidrología.

La EMAAP-Quito, consciente de la importancia de contar con información confiable para la planificación y operación de sus proyectos, decidió iniciar en 1979 un programa permanente de mediciones hidrometeorológicas y en la actualidad posee una red compuesta por seis estaciones pluviográficas y seis estaciones hidrológicas (limnigráficas). Ellas están ubicadas en las cuencas hidrográficas de los ríos Tuminguina, Antisana, Quijos, Tambo y Tamboyacu (ver fig. No. 1), a lo cual se agregan más de 200 sitios donde periódicamente se realizan aforos de caudales líquidos. Este trabajo es realizado por un profesional y seis ayudantes de campo (aforadores), quienes además se encargan de la gestión del correspondiente banco de datos.

Al igual que en el caso del abastecimiento de agua, la Empresa ha visto la necesidad de resolver los problemas de inundaciones, aluviones y flujos de lodo que afectan al drenaje de la ciudad. Por este motivo, y entre otras acciones, está desarrollando junto con el IRD¹ de Francia (Ex-ORSTOM) y el INAMHI, el denominado Proyecto SISHILAD (Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Distrito Metropolitano de Quito) que en la actualidad cuenta con una red de observaciones compuesta por 9 estaciones pluviográficas y 6 estaciones hidrológicas, las cuales se ubican en dos cuencas experimentales de las Laderas del Pichincha (Qdas. Rumihurco y Rumipamba, ver fig. No. 2). El personal que la Empresa ha contratado para la ejecución de estos trabajos está constituido por tres profesionales y un digitalizador ya que entre sus obligaciones consta la ejecución de investigaciones hidrometeorológicas, edafológicas y geotécnicas como se establece en el convenio firmado (ver anexo N° 1.) por las instituciones coauspiciantes del estudio.

Durante la ejecución del Proyecto SISHILAD, el Proyecto Laderas del Pichincha decidió apoyar la creación de una red de observaciones más amplia, razón por lo cual contrató con la empresa ELIOVAC la provisión e instalación de una red de monitoreo hidrometeorológico para el Distrito Metropolitano (compuesta por 8 estaciones climatológicas, 25 estaciones pluviográficas y 10 estaciones hidrológicas, ver fig. No. 3), la misma que entrará en funcionamiento como máximo en el próximo mes de febrero. Paralelamente a ello, la EMAAP-Quito ampliará y modernizará la red de observaciones para sus proyectos de agua potable (con 3 estaciones climatológicas, 13 pluviográficas y 9 hidrológicas como lo indica la fig. No. 1), lo cual permitirá elaborar pronósticos hidrológicos para la operación de los sistemas existentes y servirá para el diseño de las obras futuras (proyectos Tambo-Tamboyacu, Ríos Orientales, etc.).

Adicionalmente, el personal del área de Hidrología y del Proyecto SISHILAD lleva a cabo estudios específicos para otras dependencias de la EMAAP-Quito, del Municipio y diversas instituciones. Es así como realizó los estudios hidrológicos de los proyectos La Mica-Quito Sur, Lloa, Ríos Orientales, Ramal Sur de la Optimización Papallacta, etc.; periódicamente analiza la magnitud y la incidencia de las precipitaciones en el avance de construcciones contratadas por la Empresa [6 y 7]².

En los próximos años se multiplicarán los servicios de esa red hidrometeorológica, ya que la Empresa requerirá diversos pronósticos hidrológicos para la gestión de sus reservas de agua en los embalses La Mica, Mogotes, Susus y Salve Faccha [15, 29, 30, 31], así como para la prevención de precipitaciones extremas y su impacto en las Laderas del Pichincha y el sistema de alcantarillado.

De lo descrito se desprende que en lo referente a la creación de infraestructura, la EMAAP-Quito está realizando inversiones que garantizarán la buena operación de sus obras, así como la buena calidad de los

¹ Institut de Recherche pour le Développement de Francia (hasta hace poco tiempo se denominaba ORSTOM) y que colabora en investigaciones técnico-científicas del país durante algunas décadas.

² Los números indicados entre paréntesis rectangulares identifican a los informes o documentos del Área de Hidrología y Proyecto SISHILAD que están enumerados al final del texto.

datos hidrológicos para sus futuros proyectos. Empero esta importante labor desarrollada, corre el riesgo de no alcanzar sus objetivos si no se crea el Área o Unidad de Hidrología y se preservan los recursos humanos que se han capacitado para operar la red, para ejecutar los respectivos estudios y prestar los consiguientes servicios. Ello es así ya que en el próximo mes de marzo se terminan los contratos de quienes han venido colaborando en el Proyecto SISHILAD, lo cual implica que la EMAAP-Quito dispondrá entonces de un sólo profesional para operar una red que estará conformada por 11 estaciones climatológicas, 44 estaciones pluviográficas y 25 estaciones hidrológicas.

Por lo expuesto, a continuación se describen las actividades que deberá desarrollar el área de hidrología en los próximos dos años, así como los requerimientos mínimos de personal. Cabe señalar que en esta programación se ha previsto la ampliación del Proyecto SISHILAD y la consiguiente participación de los especialistas del Instituto IRD (Ex-ORSTOM) que están colaborando con el proyecto.

2. ACTIVIDADES Y NECESIDADES DEL AREA DE HIDROLOGIA

Los trabajos que deberá realizar el área de hidrología en los próximos años se diferencian entre sí por su duración (permanentes u ocasionales), el tiempo que consumen (continuas o intermitentes), así como por el marco administrativo en el cual se desarrollan. Por ello, los trabajos indicados en el cronograma adjunto N° 1, y que a continuación se describen, están agrupados de acuerdo con los parámetros antes indicados.

1. Entre las actividades continuas y de duración indefinida que debe desarrollar constan la operación y mantenimiento de la red de observaciones hidrometeorológicas, así como la gestión del respectivo banco de datos (actividad No. 1), lo cual debe realizarse en tiempo real a fin de que la información sea operativa y permita la elaboración de oportunos pronósticos hidrológicos.
2. Otra actividad continua es también la ejecución de estudios hidrológicos que se los requiere tanto para obtener en el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) el derecho de aprovechamiento del agua, como para definir los caudales de diseño de los diferentes proyectos de la Empresa (actividad No. 2). Allí se incluyen también los diferentes análisis sobre la incidencia que tienen la cantidad e intensidad de las lluvias en la ejecución de los trabajos contratados por la empresa en sectores de Quito y zonas aledañas.
3. Una actividad intermitente de duración indefinida consiste en la realización de aforos o análisis, que son ejecutadas para instituciones externas a la EMAAP-Quito (actividad No. 3) ya sea porque así se lo han establecido diversos acuerdos (Dirección de Medio Ambiente, Comisión de Energía Atómica, Estudios glaciológicos con el ORSTOM, EPN, etc.) o porque la Empresa puede recibir el pago respectivo por la ejecución de tales servicios (por ejemplo con el Consejo Provincial de Pichincha, alcaldías, etc.).
4. Una actividad en curso y cuyo plazo está definido hasta fines de 1999 (actividad No. 4) consiste en la ampliación de la red de estaciones hidrometeorológicas que se ubicarán en las cuencas hidrográficas de los sistemas existentes de agua potable para la elaboración de los pronósticos hidrológicos, así como para la obtención de datos que permitan el diseño y construcción de los futuros proyectos. Aquí se incluye el diseño de las estaciones, la adquisición de los instrumentos de medición, así como la contratación y fiscalización de las obras civiles necesarias para la instalación de los equipos.
5. Ante la inminente puesta en funcionamiento de importantes embalses es imprescindible realizar los estudios de sus reglas de operación (actividad No. 5) ya que ello permitirá establecer los momentos oportunos cuando se deba racionar el suministro de agua, si se esperan severos estiajes. De igual manera esas reglas establecerán el manejo que debe hacerse de las reservas de agua en los embalses, a fin de que se maximice la producción de energía eléctrica en épocas de crecidas y se reduzcan los desbordes de agua por los vertederos de excesos. Es evidente que estas reglas, al ser establecidas sobre la base de mediciones históricas, necesitarán ser adaptadas o perfeccionadas de acuerdo con las predicciones que brindará el servicio de pronósticos hidrológicos.
6. Considerando las necesidades de aprovechar la capacidad del canal del Sistema Pita-Tambo (mediante el incremento de sus caudales), es necesario iniciar la toma de datos de las aguas

subterráneas de la cuenca alta del Pita para luego emprender con los respectivos estudios hidrogeológicos y diseños de las obras (actividad No. 6). Esta necesidad es mayor hoy en día cuando el Ministerio del Medio Ambiente ha expresado su preocupación por los impactos negativos que podría traer un aprovechamiento indebido de esos recursos hídricos. De igual manera se requieren observaciones semejantes para el manejo de los acuíferos de Quito y su aprovechamiento en proyectos de agua potable y de drenaje urbano.

Las restantes actividades del área de hidrología dependen de la duración definitiva que tenga el Proyecto SISHILAD, ya que si sus trabajos se terminan el próximo mes de marzo, el Proyecto podrá únicamente sintetizar y publicar sus resultados actuales (actividad No. 12). Ello implica que el área de hidrología deberá entonces:

- Culminar el proceso de instalación y puesta en marcha de la red de monitoreo hidrometeorológico de las Laderas del Pichincha, así como encargarse del respectivo monitoreo (actividades No. 7 y 8).
- Ampliar los resultados del Proyecto SISHILAD hacia las laderas que rodean el centro y sur de Quito, lo cual es requerido por la misma empresa, así como por las respectivas administraciones municipales (actividad No. 9).
- Elaborar los estudios sobre parámetros de diseño que se requieren para el sistema de alcantarillado, y brindar el apoyo que varias dependencias municipales requieren para sus trabajos sobre flujos de lodo y recuperación de quebradas (actividad No. 11).
- Estudiar la dinámica del agua en los suelos de las Laderas del Pichincha (actividad No. 10) para conocer mejor los procesos vinculados con la generación de crecidas y con eventos particularmente peligrosos como lo son los flujos de lodo y aluviones.

De lo expuesto hasta aquí se concluye que al terminarse el Proyecto SISHILAD en los próximos meses, el área de hidrología deberá necesariamente incrementar su personal, ya que en caso contrario el único profesional que permanecería en la Empresa no podrá cumplir con todo lo previsto.

Considero que la solución a este problema puede ser encontrada mediante la inclusión del personal del Proyecto SISHILAD en el cuerpo de funcionarios de la EMAAP-Quito, y la ampliación del convenio con el Instituto IRD (Ex-ORSTOM) y el INAMHI. Los beneficios que con ello se obtendrían son los siguientes:

- La EMAAP-Quito dispondría de técnicos capacitados y con experiencia para completar y ampliar los estudios del Proyecto SISHILAD, así como para realizar los restantes trabajos del área de hidrología.
- Se tendrá la oportunidad de verificar los resultados ya obtenidos y se podrá adaptar las metodologías ya desarrolladas por el Proyecto SISHILAD a las exigencias y posibilidades que tendrán los equipos de la red a ser instalada próximamente.
- Se contará con los especialistas del IRD (Ex-ORSTOM) y el apoyo del INAMHI para profundizar las investigaciones sobre la influencia de la humedad antecedente y los flujos (dinámica) de agua en los suelos de las laderas. Cabe señalar que la colaboración de estas dos instituciones no representará gasto alguno para la EMAAP-Quito).

Por lo expuesto, y con la finalidad de que estas soluciones sean analizadas por la EMAAP-Quito, a continuación se presenta una síntesis de los resultados del Proyecto SISHILAD, así como los justificativos que respaldan el pedido para su ampliación.

3. INFORME DEL PROYECTO SISHILAD

3.1 Antecedentes

El 20 de septiembre de 1994 la EMAAP-Quito, el Instituto IRD de Francia (Ex-ORSTOM) de Francia y el INAMHI del Ecuador, firmaron el convenio de cooperación científica y técnica para realizar el proyecto "Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Distrito Metropolitano de Quito" (SISHILAD), cuyo objetivo consiste en reducir los daños que provocan las precipitaciones extremas (crecidas y aluviones) en la ciudad de Quito (ver anexo N°1). Se había previsto que los trabajos se realizarían en el transcurso de 4 años (hasta el 20 de septiembre de 1988), durante los cuales se debía obtener lo siguiente:

1. Crear y poner en funcionamiento una red de observaciones hidrometeorológicas en las Laderas del Pichincha, implementar una red de vigilancia y prevención de deslizamientos de tierras, así como conformar el respectivo banco de datos.
2. Obtener parámetros confiables sobre las precipitaciones y la hidrología de Quito, particularmente de las Laderas del Pichincha, para el diseño de los sistemas de drenaje y alcantarillado.
3. Desarrollar e implantar modelos de simulación para el pronóstico y aviso de fenómenos hidrológicos extremos, así como para evaluar el impacto de diversas hipótesis de urbanización.
4. Intercambiar bases científicas, capacitar al personal, sintetizar y publicar los resultados.

La metodología prevista para estos trabajos se apoyó ante todo en el uso de mediciones, observaciones, experimentaciones e investigaciones *in situ*, todo lo cual permitía calibrar los modelos matemáticos y verificar que la teoría subyacente en tales modelos corresponde a la realidad físico-geográfica de la zona de Quito.

De acuerdo a lo previsto por el convenio, la EMAAP-Quito debía asignar el equivalente a 374.000 US \$, para construir 18 estaciones, adquirir equipos de medición y oficina, contratar tres profesionales y personal de apoyo, proporcionar medios de transporte. El INAMHI por su parte se comprometía a invertir un total de 1'058.000 US \$, donde se incluía el costo de su infraestructura existente, la operación y mantenimiento de las estaciones, las remuneraciones de dos profesionales, así como la instalación de una estación climatológica automática. El IRD contribuía con un total de 580.000 US \$ que cubría el costo de dos profesionales y diversos instrumentos o contribuciones a la operación de la red.

3.2 Ejecución de los trabajos

Los estudios del Proyecto SISHILAD se centraron en el área de las Laderas del Pichincha que está comprendida entre las Qdas. El Rancho al Norte y Miraflores al Sur. Esta selección se la hizo en base a las prioridades asignadas por la EMAAP-Quito, y ante todo porque sólo esa área disponía de información topográfica suficiente (escala 1:10.000). Ante la imposibilidad de estudiar en detalle toda esa área, se seleccionaron como cuencas experimentales a las cuencas de las Qdas. Rumihurcu y Rumipamba (ver fig. N° 2) ya que son las más importantes y representativas.

Las mayores obras y trabajos de campo que ha efectuado el Proyecto SISHILAD en el transcurso de estos cuatro años consisten en la instalación y operación de la red de observaciones hidrometeorológicas en las cuencas experimentales (nueve estaciones pluviográficas y seis hidrológicas) y de tres parcelas experimentales para el estudio de la escorrentía superficial y erosión en puntos representativos de las Laderas [17, 19, 26]. También se realizaron prospecciones eléctricas, seis calicatas y más de 60 metros de perforaciones [1, 27, 28] que suministraron datos geológicos de sitios susceptibles a deslizarse, y se instaló una red de 20 puntos fijos para mediciones geodésicas de movimientos de tierras.

Entre los trabajos de oficina se destaca la recuperación e informatización de mediciones hidrometeorológicas hechas anteriormente por el Proyecto "Acuífero de Quito" [20] y otras instituciones como el INAMHI e INECEL. Especial mención merece también la elaboración del modelo numérico de terreno (MNT) de las Laderas del Pichincha, el mismo que es indispensable para la modelación hidrológica con parámetros distribuidos y para obtener mapas temáticos en morfología, edafología y geotecnia.

Por petición expresa del BID, el proyecto SISHILAD diseñó la red de monitoreo hidrometeorológico que se incluyó en el Proyecto Laderas del Pichincha [2, 13], además de lo cual se encargó de elaborar las especificaciones técnicas y otros documentos para la respectiva licitación internacional. A continuación de ello al Proyecto SISHILAD se le ha encargado que administre y fiscalice la ejecución del contrato por el cual la Empresa recibirá la indicada red de observaciones.

Entre otros trabajos imprevistos que efectuó el Proyecto cabe destacar las inspecciones de campo y elaboración de informes que se generaron con motivo de los aluviones que se produjeron en la Qda. La Comunidad, Rumipamba, Lea [8, 9, 21]. De igual manera cabe señalar la asesoría y apoyo que el Proyecto ha brindado a la Dirección General de Planificación (en sus trabajos sobre los flujos de lodo del Pichincha y el Cotopaxi), a la Dirección Municipal de Medio Ambiente (en sus trabajos de monitoreo de

calidad de agua en los ríos del sector) y a la Administración Sur en la preparación de planes y documentos para la protección de las quebradas en el Sur de Quito. A todo ello se agregan los estudios detallados sobre precipitaciones y crecidas que se realizaron para el Plan Maestro [3, 4, 5] y otras dependencias de la EMAAP-Quito como lo es el Proyecto La Mica-Quito Sur, Ramal Sur de la Optimización Papallacta, etc.

El cumplimiento de todo lo descrito ha sido posible ante todo por la contribución de la EMAAP-Quito y el IRD, quienes en diversos aspectos han aportado más de lo que estaba previsto. Así se puede señalar por ejemplo que el IRD ha asignado no dos, sino cuatro especialistas y un egresado permanentes para el Proyecto, además de lo cual ha enviado varias misiones periódicas de expertos. La EMAAP-Quito de igual manera a proporcionado los tres profesionales previstos, así como un promedio de tres personas adicionales cada año para el cumplimiento de labores de campo. El INAMHI, debido a sus limitaciones económicas, ha colaborado con el equivalente a un profesional durante los cuatro años, se ha encargado de la reparación ocasional de algunos equipos de medición y ha suministrado sus datos de precipitaciones diarias en diversos lugares de Quito y sus alrededores.

Es menester señalar que también se ha recibido el apoyo de otras instituciones como la Defensa Civil con sus técnicos y vehículos, el Ministerio de Agricultura que nos prestó su equipo simulador de lluvias y su laboratorio de suelos en Tumbaco para realizar los ensayos y análisis edafológicos. Especial importancia tiene el apoyo que nos dieron la DAC, el Ex-INNERHI e INECEL mediante la entrega de sus registros pluviográficos.

3.3 Resumen de resultados

Al resumir lo obtenido de acuerdo con el objetivo y los resultados previstos en el convenio (ver numeral 3.1) se puede indicar que:

- Se ha creado, operado y mantenido durante tres años una red de observaciones hidrometeorológicas en dos cuencas experimentales de las Laderas del Pichincha (Qdas. Rumihurcu y Rumipamba, fig. N° 2), la misma que está conformada por nueve estaciones pluviográficas y seis estaciones hidrológicas [19]. Allí también se han construido y operado tres parcelas experimentales de investigaciones edafológicas, y se ha creado una red para el monitoreo geodésico de grandes deslizamientos de tierras [26, 27, 28]. Igualmente se ha conformado el mayor banco informatizado de datos sobre las precipitaciones y caudales registrados en Quito desde inicios del presente siglo, el mismo que contiene información de más de 1000 años/estación [20]. La calidad y cantidad de mediciones observaciones realizadas con estas instalaciones no tienen equivalentes anteriores en el país y constituyen el fundamento de las investigaciones hechas por el Proyecto SISHILAD y que servirán para múltiples trabajos sobre climatología, hidrología, hidrogeología, edafología, ecología, protección del medio ambiente, prevención de riesgos y diseños de ingeniería.
- La mejor calidad de las mediciones y cálculos hechos por el P. SISHILAD se demuestra en el hecho de que han permitido comprobar que en Quito no es válido el criterio por el cual se consideraba que allí donde las precipitaciones anuales son mayores, mayores son también las intensidades máximas de las lluvias [5, 10]. Ello se observa en los 16 años de observaciones en la est. La Chorrera (ubicada en las Laderas del Pichincha), en todas las estaciones que funcionaron durante el fenómeno El Niño más grande que ha conocido Quito (periodo 1981-1984) y en los tres años de mediciones continuas que se efectuaron en la en la red pluviográfica del Proyecto SISHILAD.
- Esos mismos datos nos han permitido establecer un nuevo tipo teórico de ecuaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) que concuerdan mucho mejor con las propiedades de las lluvias registradas en Quito en un amplio rango de duración [5]. Además de ello se han establecido curvas IDF para sitios de Quito que antes no las tenían (Chorrera, Tola, Aeropuerto, etc.). Estos resultados ya han sido adoptados como normas de la EMAAP-Quito para el diseño de sus obras de alcantarillado.
- Se han realizado estudios sobre la gradiente altitudinal de la lámina total e intensidades de las lluvias [4], así como varios análisis sobre la simultaneidad y consecutividad de las lluvias que fueron solicitados por consultores del BID y la Dirección General de Planificación para sus trabajos sobre los aluviones en las Laderas del Pichincha. Periódicamente se han estudiado las lluvias diarias de diversa magnitud (Aeropuerto, Izobamba, estribaciones de la cordillera central, etc.) que han incidido en el avance de los trabajos de construcción que realiza la EMAAP-Quito [6, 7].

- Se ha comprobado mediante mediciones directas que los caudales máximos de las crecidas en las Laderas del Pichincha son mucho más bajos de lo que establecían todos los estudios anteriores. Ello se debe no sólo al hecho de que en el Pichincha las intensidades de las lluvias son menores, sino también a la gran capacidad de infiltración que tienen los suelos de las partes altas (propiedades de las arenas volcánicas y presencia de capas de lúpili y piedra pómez). La comprobación se respalda en los resultados de las simulaciones físicas de lluvias que se hicieron durante dos años en sitios representativos y en los registros permanentes de crecidas que se han obtenido durante tres años (todas con caudales pico inferiores a $9 \text{ m}^3/\text{s}$). A ello se agrega la existencia de importantes caudales en épocas de estiaje a pesar de que las cuencas hidrográficas son muy pequeñas, lo cual puede explicarse únicamente por una gran infiltración y almacenamiento de agua en los suelos durante la época de lluvias [17, 18, 19].
- Estas mediciones y resultados sirvieron para los cálculos de coeficientes de escorrentía y tiempos de concentración que realizaron los consultores del Plan Maestro y los orientaron hacia la verdadera solución a los problemas del alcantarillado en la ciudad. Anteriormente se suponía que la solución a los problemas de drenaje en la ciudad, radicaba en la retención de las aguas que descendían del Pichincha, pero ahora el proyecto SISHILAD ha demostrado teórica y experimentalmente [22] que la red actual de alcantarillado es insuficiente para dar paso incluso a las lluvias que se precipitan sobre la ciudad misma.
- Estos trabajos han sido posibles gracias a la implantación del modelo hidrológico de parámetros distribuidos "MERCEDES" del ORSTOM, el mismo que requirió la creación previa del modelo numérico del terreno (MNT) en base a información topográfica a escala 1:10.000. El modelo distribuido, que incluye información sobre los tipos y usos de suelos en las Laderas, al ser calibrado con las lluvias y crecidas registradas ha revelado la necesidad de distinguir por lo menos tres tipos de subcuencas con diferente comportamiento hidrológico [4, 22].

Es así como se puede indicar que en la parte alta de las Laderas (sobre los 3.900 msnm), donde predomina el pajonal del páramo, la vegetación y la gran infiltración en los suelos impiden, en la mayoría de los casos, que se genere una escorrentía superficial, salvo en las áreas pantanosas donde la saturación de los suelos es elevada. En la parte media de las Laderas (cubiertas por bosques, matorrales y zonas de cultivo, entre los 3.900 y 3.200 msnm) la escorrentía superficial todavía es mínima por el uso del suelo aún cuando su espesor se reduce paulatinamente y carece de capas continuas de lúpili y piedra pómez. En la parte inferior (bajo los 3.200 msnm) la escorrentía superficial ya es importante debido a la impermeabilización de las áreas semiurbanas y las características de sus suelos, que tienen un reducido espesor y se asientan sobre cangahua. Este hecho implica que la gran mayoría de crecidas que llegan a la ciudad se generen en las áreas ubicadas bajo los 3.200 msnm aproximadamente y que por ello no pueden alcanzar las magnitudes estimadas en diversos estudios anteriores que carecieron de datos y se basaron únicamente en hipótesis.

- La posibilidad del modelo distribuido, de diferenciar el uso del suelo, permite realizar el primer tipo de pronóstico o previsiones a largo plazo en el caso de que cambien las condiciones existentes en las Laderas. De las simulaciones matemáticas, hechas hasta el momento, se tiene que al crecer la urbanización (y por ende la impermeabilización de los terrenos) en las partes bajas de las Laderas la magnitud de las crecidas pueden crecer al 200 % y más.
- Junto con el modelo MERCEDES, el Proyecto SISHILAD está calibrando modelos hidrológicos globales que tienen amplia difusión entre proyectistas y consultores del país (método del SCS, Nash, HYMO, etc.) lo que permitirá conocer las capacidades y las limitaciones de esos modelos [18].
- El uso de todos estos modelos como herramientas de cálculo y diseño, arroja como principal conclusión que en las Laderas existe una gran incidencia por parte de los flujos subsuperficiales y de las áreas pantanosas. Ello implica que el uso de modelos globales debe realizarse mediante la descomposición de la cuenca en varias subcuencas y que aún así sus resultados serán muy aproximados.
- Para satisfacer las necesidades de pronósticos hidrológicos, es decir, conocer no sólo la magnitud del caudal y sino también el momento cuando se producirán, los modelos analizados hasta hoy día

indican que en las Laderas no se puede pronosticar crecidas si no se conoce el grado de humedad que alcanzaron los suelos durante la lluvia anterior, así como el grado de secamiento que tuvo la cuenca hasta el inicio de la crecida pronosticada. Por esta razón el proyecto SISHILAD está desarrollando nuevos modelos globales que consideran simultáneamente los aportes de las aguas subterráneas, los flujos subsuperficiales y la escorrentía superficial. Estos modelos, que también simulan el secamiento de los suelos en los espacios de tiempo entre lluvia y lluvia, han sido obtenidos en versiones lineales y no lineales.

- La aplicación de los modelos globales se ha extendido también a la ciudad misma ya que se disponen de mediciones de caudales a la salida del colector de El Batán [22]. Las simulaciones efectuadas demuestran que aún en el fenómeno El Niño de los años de 1982-1983, las crecidas generadas en las Laderas del Pichincha eran muy inferiores a las que se generaban en la ciudad misma. Igual situación se registró durante las estaciones invernales de los últimos años, con lo cual se comprueba que los problemas de crecidas e inundaciones en Quito se deben a la insuficiente capacidad de la red de alcantarillado.
- Como se ha indicado anteriormente el uso del modelo hidrológico de parámetros distribuidos, requiere como datos de entrada el tipo y el uso del suelo en cada punto de las Laderas. Por ello uno de los resultados del proyecto, consistió en la obtención de los respectivos mapas temáticos (escala 1:10.000) para las cuencas hidrográficas de las Qdas. Rumihurcu y La Comunidad [17 a 19, 24, 25, 33]. Para tales fines se efectuó un estudio detallado de las formaciones edafológicas que considera la tipología de los suelos, su génesis y evolución, así como sus características químicas, físicas, su estructura, textura y tefroestratigrafía. Ello ha proporcionado un nuevo mapa de suelos que supera varias limitaciones de los anteriores mapas edafológicos. El mapa de usos de suelos actualizó la información a noviembre de 1996 y se constituyó en el prototipo del mapa que posteriormente obtuvo el Proyecto Laderas del Pichincha para toda su área de trabajo.
- En el marco de los trabajos edafológicos, se realizaron las mediciones en parcelas experimentales y simulaciones físicas de lluvia in situ para obtener valores reales de la erosión y escorrentía superficial en sitios representativos [11,12, 32]. Los resultados están resumidos en un catálogo de los experimentos, donde se observa que en muchos lugares de las Laderas la infiltración no necesariamente decrece en el transcurso de la lluvia como lo predicen fórmulas usuales (Green Ampt, Horton, Kostiakov, etc.). Ello nos ha exigido la formulación de un nuevo modelo de infiltración que considere esta particularidad y que la explica por medio de la interacción de los suelos con la lámina de escorrentía superficial. Actualmente se trabaja en la interpretación y síntesis de esos resultados para luego definir los procedimientos más convenientes para su extrapolación.
- En lo referente a la erosión de los suelos se ha obtenido que allí donde existe cobertura vegetal, la erosión es mínima y muy inferior a la que se calcula con el método SCS por ejemplo [12, 17, 18]. Por ello los sedimentos que arrastran las quebradas hacia la red de alcantarillado tienen su origen ante todo en la erosión de los cauces y escarpes de las quebradas, así como en todos los residuos y basuras que los habitantes del lugar arrojan a las quebradas.
- Otra fuente importante de sedimentos lo constituye el deslizamiento de capas de suelos saturados en sitios con elevada pendiente, que si se encuentran cerca de los escarpes de las quebradas llegan a los cauces y dan lugar a los aluviones (flujos hiperconcentrados de sedimentos o flujos de lodos). Estos fenómenos, por los daños y muertes que provocan, constituyen el mayor peligro para la ciudad, con el agravante de que se producen en sectores que conservan su estado natural; peor aún cuando la actividad antrópica desestabiliza los terrenos y arroja a los cauces grandes cantidades de materiales sueltos [4, 21].
- En concordancia con ello, el Proyecto SISHILAD en sus estudios geotécnicos elaboró mapas (escala 1: 10.000) de riesgos que identifican los lugares donde las características del suelo, la pendiente y el grado de saturación hacen posible la formación de deslizamientos superficiales de terrenos y aluviones [16, 27, 28]. Esta información ha sido ya utilizada por la Dirección General de Planificación del Municipio en sus trabajos para la estimación de los lahares que se producirán en el caso de que se produzca una erupción del volcán Pichincha.
- Paralelamente a ello, se ha instalado una red de monitoreo geodésico para aquellos lugares donde existe la posibilidad de que se produzcan movimientos masivos de terreno. Las mediciones hechas en

el transcurso de dos años indican que allí los movimientos no existen o son mínimos ya que las diferencias encontradas entre una y otra medición son menores que la precisión misma de los instrumentos de medición [26 a 28].

- Sobre la base de todos estos resultados, a la EMAAP-Quito, se le han presentado recomendaciones sobre las medidas (declarar al Pichincha un parque tipo UNESCO: *Man and Biosphere*, etc.) y características de las obras que podrían ayudar a resolver los problemas generados en las Laderas [4, 17, 18].
- Para finalizar, cabe añadir que gran parte de los resultados ha sido resumido en alrededor de 25 informes o documentos técnicos y 3 tesis de grado y dos memorias de post-grado. El personal ecuatoriano recibió capacitación en el uso de paquetes informáticos para la gestión de datos hidrometeorológicos, así como en el manejo del modelo de parámetros distribuidos.

3.4 Trabajos pendientes

De lo expuesto anteriormente se desprende que el proyecto SISHILAD ha obtenido suficientes resultados para cada tema previsto en el convenio. No obstante, el mayor aprovechamiento de los trabajos efectuados exige que en primer lugar se elabore la síntesis y se publique el informe final del proyecto. Ello puede realizarse en pocos meses, empero sería conveniente prolongar el proyecto por un total de dos años debido a las siguientes consideraciones:

1. Entre todas las crecidas registradas en la cuenca experimental de la Qda. Rumihurco sólo se han obtenido 4 crecidas importantes (caudales máximos comprendidos entre 6 y 9 m³/s), lo cual es insuficiente para una calibración total de los modelos y peor aún para su verificación. Cabe esperar que en transcurso de una o dos épocas de lluvias se pueda registrar otra cantidad semejante de crecidas que permitan llevar a cabo estas comprobaciones.
2. La próxima instalación de la red automática de monitoreo hidrometeorológico (prevista en por el Proyecto Laderas del Pichincha y cuyos sensores tienen una elevada precisión), mejorará la calidad de los cálculos y exigirá que los modelos hidrológicos sean adecuados para que puedan funcionar con información que llegará en tiempo real.
3. Los estudios realizados por el Proyecto SISHILAD deben extenderse hacia todas las Laderas que existen en el Distrito Metropolitano, siendo de mayor urgencia las Laderas del Pichincha y el Atacazo que rodean el Centro y Sur de Quito. Paralelamente a ello es necesario extender las simulaciones al interior de la ciudad, por lo menos para la cuenca aportante al colector de El Batán.
4. Como toda investigación científica, el trabajo del proyecto SISHILAD, ha planteado nuevos problemas que ameritan mayores investigaciones. Entre ellos consta la necesidad de profundizar el conocimiento sobre los procesos de infiltración, humectación y secamiento de los suelos en zonas de riesgo, así como la transferencia del agua en sus diversas formaciones edafológicas. Las investigaciones en este tema perfeccionarán los cálculos de crecidas ya que las condiciones antecedentes de humedad tienen una importancia decisiva en los volúmenes totales y caudales máximos de las crecidas. Igual importancia tendrán estos trabajos para definir los procesos que desencadenan la formación de aluviones e implementar el respectivo de sistema de monitoreo y alerta temprana.

3.5 Actividades y recursos previstos para la ampliación del proyecto

Estos trabajos pendientes podrán ser realizados con relativa facilidad si la recomendación respecto al personal y la ampliación del Proyecto SISHILAD (indicada en el numeral 2) es atendida favorablemente por la Empresa y las otras instituciones auspiciantes del convenio.

En ese caso, la primera actividad (ver cronograma No. 2) consistiría en la ampliación del estudio a las Laderas del Centro y Sur de la ciudad, lo cual será realizado básicamente por el personal de la Empresa. Allí se incluye la operación de la red de monitoreo que el Proyecto Laderas del Pichincha instalará en el Distrito Metropolitano. La segunda actividad centra su atención en el estudio de las variaciones en el tiempo de la humedad de los suelos. La tercera actividad se refiere a la síntesis y elaboración del informe global.

Los recursos necesarios que debería proporcionar la Empresa ascenderían a un total aproximado de 500 millones de sucres. En este monto se incluyen los costos de personal, la adquisición de sensores de humedad, la cartografía de las laderas que rodean el Centro y Sur de la ciudad, así como gastos menores de combustible, aceites, material de oficina etc.

4. RECOMENDACIONES

De lo expuesto se desprende que la EMAAP-Quito para atender los requerimientos de la operación de sus embalses, garantizar la disponibilidad de datos hidrometeorológicos para sus futuros proyectos, y aprovechar en mayor grado los trabajos del proyecto SISHILAD, necesita reforzar al único profesional: Ing. Alfredo de la Cruz y seis ayudantes de campo que conforman el personal permanente del área de hidrología.

Por ello es recomendable que la Empresa procure incluir a los técnicos del Proyecto SISHILAD (tres profesionales y dos auxiliares) en el personal permanente de la EMAAP-Quito. Además, es necesario que se logre el acuerdo con el Instituto IRD (Ex-ORSTOM) y el INAMHI para que sus trabajos conjuntos puedan ser realizados hasta fines de 1999.

5. DOCUMENTOS DEL PROYECTO SISHILAD Y EL AREA DE HIDROLOGIA

1. Ardisson M., septiembre 1996. *Application de Methodes Electriques pour l'Etude des Glissements de Terrain dans la Region Volcanique du Pichincha Equateur*. Quito.
2. Ayabaca E., Cruz F., Perrin J.L., Risser V., Janeau J.L., Gutiérrez C., Lugo C., enero 1996. Red de Monitoreo y Prevención de Riesgos en las Laderas del Pichincha. Quito.
3. Ayabaca E., Cruz F., Gutiérrez C., julio 1996. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de Principales Estaciones Pluviográficas de Quito. Quito.
4. Ayabaca E., Perrin J.L., Cruz F. et al., octubre 1996. Primer Año de Mediciones en la Red Hidrometeorológica de las Laderas del Pichincha. Quito.
5. Ayabaca E., junio 1997. Análisis de las Intensidades de Lluvias Acaecidas durante el Período de Observaciones Simultáneas en las Estaciones HCJB y Quito Observatorio. Quito.
6. Ayabaca E., Cruz F. 1997. Análisis de Precipitaciones para la Zona del Beaterio. Quito.
7. Ayabaca E., Cruz F., De la Cruz A., 1998. Comentarios sobre la Pluviometría en la Zona de La Mica. Quito.
8. Ayabaca E. Cruz F. 1997. Informe sobre el aluvión de la Qda. Lea.
9. Ayabaca E. Gallegos D., octubre 1997. Informe sobre la Qda. Miraflores. Quito.
10. Cantens T., junio 1995. *Generation des champs de pluie. Zone Metropolitaine de Quito – Equateur*. Montpellier.
11. Cisneros F., 1997. Influencia de la Vegetación sobre la Hidrodinámica de los Suelos en una Toposecuencia Representativa de la Cuenca Rumihurco (Tesis de Grado). Quito, U. Central.
12. Cueva C., 1997. Estudio de la Erosión de Algunos Suelos Representativos en una Toposecuencia de la Cuenca Rumihurco (Tesis de Grado). Quito. U. Central.
13. EMAAP-Quito, INAMHI y ORSTOM, junio 1995. Prediseño de la Red Hidrometeorológica para el Monitoreo y Prevención de Riesgos en las Laderas del Pichincha. Quito.
14. EMAAP-Quito, INAMHI, ORSTOM, octubre de 1995. Informe de Labores del Proyecto SISHILAD de octubre de 1994 a septiembre de 1995. Quito.
15. Fournier R., enero 1996. *Rapport de Construction de la Station Limnimetrique du Glacier No. 15 de l'Antizana*. Quito.
16. Gallegos D., septiembre 1998. Informe Geológico-Geotécnico. Cuenca de la Quebrada La Comunidad. Quito
17. Janeau J.L., Gutiérrez C., Viveros P., Cueva C., Cisneros F., Poulénard J., 1996. Cuantificación de la Hidrodinámica y de la Erosión en las Laderas del Pichincha de Octubre de 1995 a Marzo de 1996. Quito.
18. Janeau J.L., 1997. Resumen de Resultados y Recomendaciones del Arca de Edafología de Abril de 1996 a Mayo de 1997, Tomos 1 y 2. Quito.

19. Perrin J.L., Fournier R., Hoorelbecke, enero 1996. Instalación de la Red Hidrometeorológica en las Quebradas Rumihurco y Rumipamba. Quito.
20. Perrin J.L., enero 1996. Inventario de Datos Pluviográficos y Limnigráficos del Proyecto Acuífero de Quito (1981 – 1985). Quito.
21. Perrin J.L., et al., 1997. Quito ante un Riesgo de Origen Natural. La Lava Torrencial del 31 de Marzo de 1997 en el Barrio La Comuna. Quito.
22. Perrin J.L. enero 1988. Modelación Hidrológica de la Cuenca Aportante al Colector del Batán. Quito.
23. Perrin J.L., Janeau J.L., Podwojeswski, 1998. Deslizamientos de Tierra, Inundaciones y Flujos de Lodo en Esmeraldas. Quito.
24. Poulénard J., 1996. Caracterización y Clasificación de Suelos Derivados de Recientes Cenizas Volcánicas (Tesis). Quito
25. Poulénard J., 1996. Comportamientos Físicos de los Andosoles e Investigaciones Metodológicas.
26. Risser V., Gallegos D., mayo 1996. Primer Informe de Geología. Quito.
27. Risser V., Gallegos D., enero 1997. Segundo Informe de Geología. Quito.
28. Risser V., Gallegos D., diciembre 1997. Tercer Informe de Geología. Quito.
29. Semiond H., 1997. Recorrido alrededor del Antizana a inicios del mes de enero de 1997. Inventario de Glaciares y Recursos Hídricos. Quito.
30. Semion H. Francou B. Ayabaca E. De la Cruz A. Chango R., 1998. El Glaciar 15 del Antizana – Ecuador. Investigaciones Glaciológicas 1994 –1997. Quito.
31. Stephan M., 1998. *Contribution Hydrologique des Glaciers de l'Antizana au Systeme Collecteur de La Mica*. Quito.
32. Viveros P., 1997. Estudio de la Hidrodinámica en Suelos Representativos de una Toposecuencia de la Cuenca Rumihurco (Volcán Pichincha) bajo Simulación de Lluvia (Tesis de Grado). Quito, U. Central.
33. Viveros P., Poulénard J., 1998. Informe Definitivo de la Cartografía y Uso Actual del Suelo en la Cuenca “La Comunidad”.

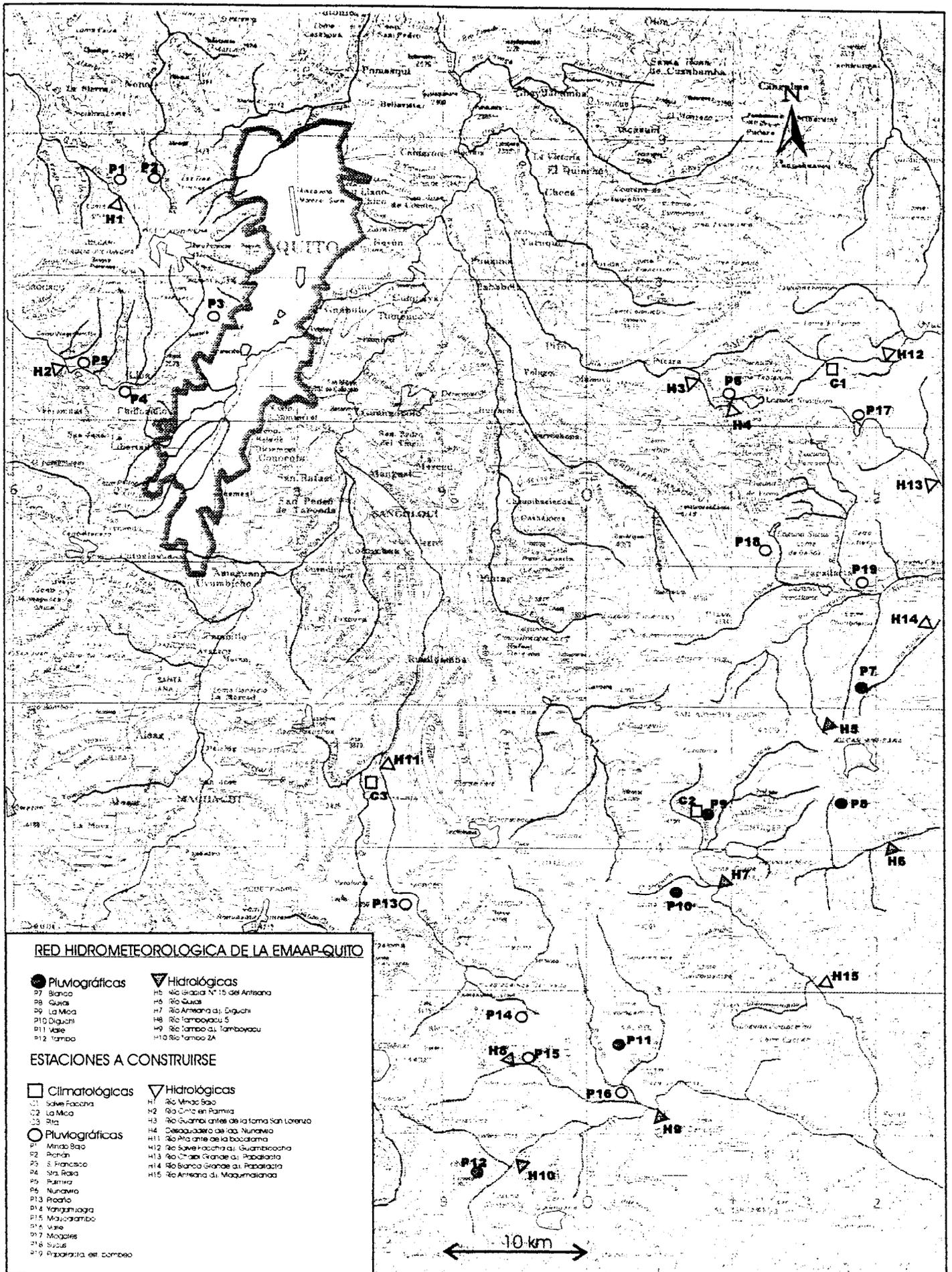


Fig. N°1

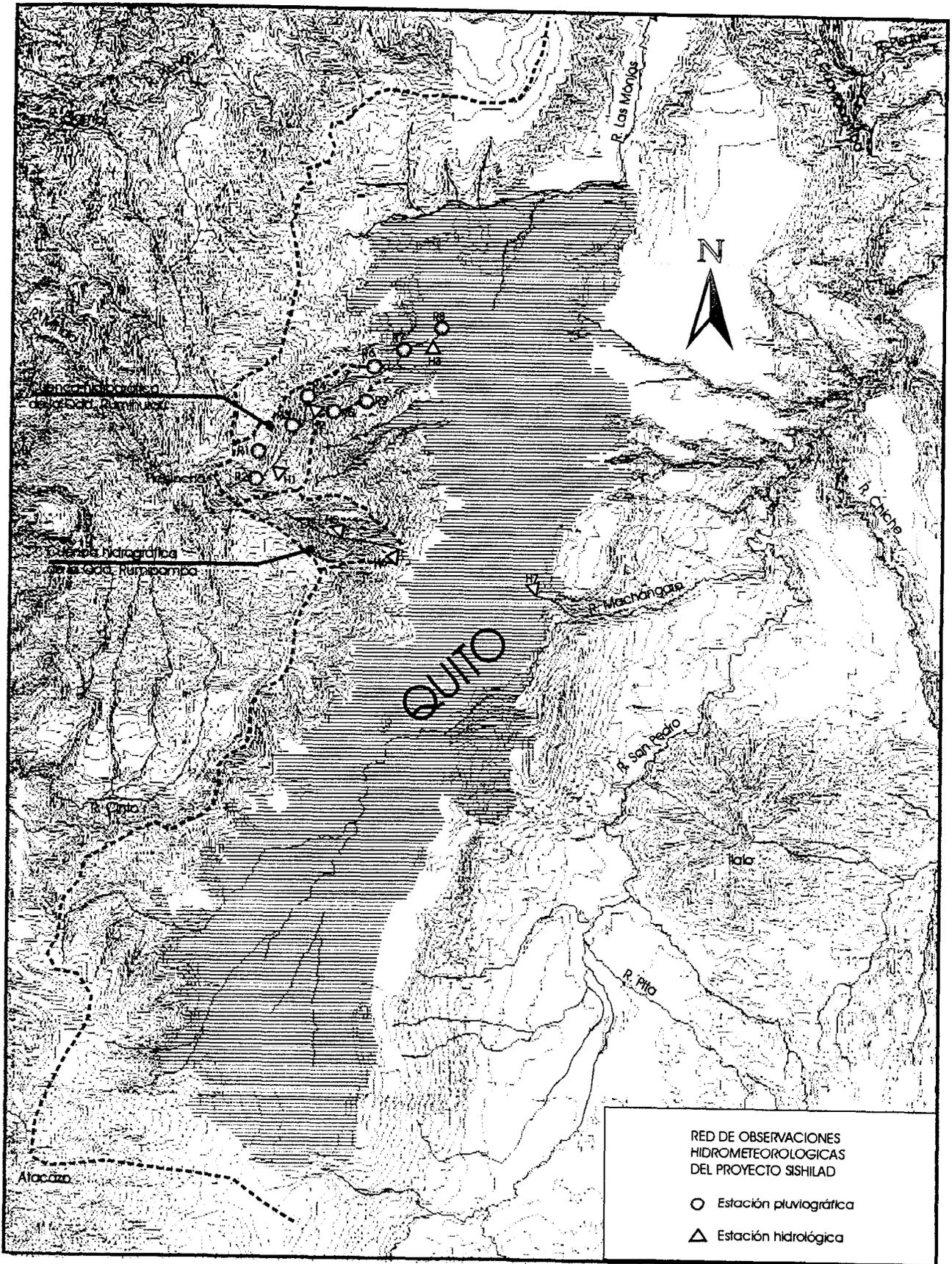


Fig. Nº 2

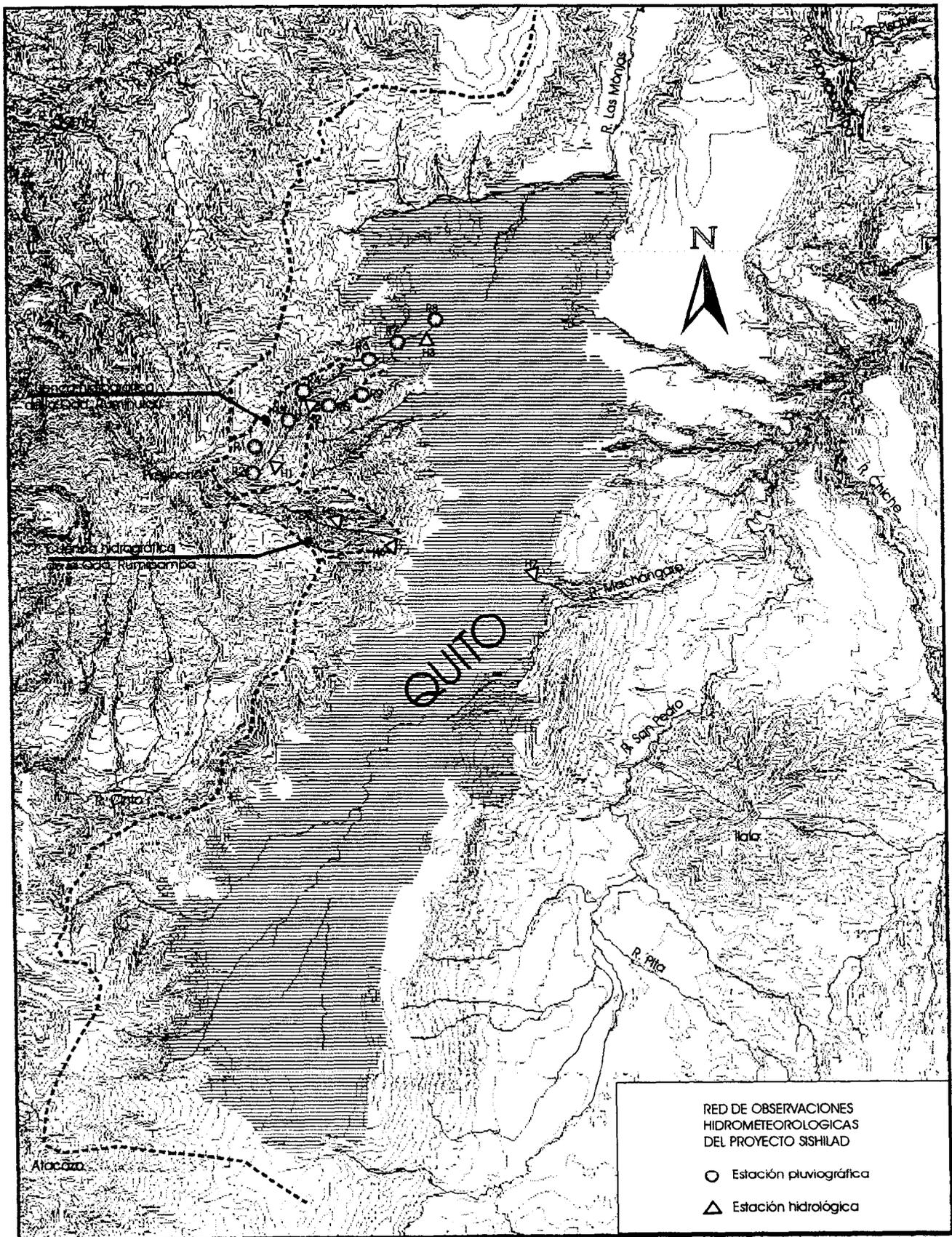


Fig. N° 2

CUADRO N°1.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL AREA DE HIDROLOGIA Y EL PROYECTO SISHILAD

N°	ACTIVIDADES	1998			1999												2000											
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MA	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MA	ABR	MA	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Operación y mantenimiento de la red de observaciones climatológicas e hidrológicas que la EMAAP-Quito posee actualmente y gestión del respectivo banco de datos	—————▶																										
2	Ejecución de los estudios hidrometeorológicos que la Empresa requiere, supervisión de estudios, obtención de derechos de aprovechamiento de agua ante del CNRH.	—————▶																										
3	Participación en mediciones estudios e investigaciones con otras instituciones (investigaciones glaciológicas con el IRD, hidrogeológicas con la CEA, calidad de agua con la Dirección de Medio Ambiente, etc.).	- - - - -																										
4	Diseño y fiscalización de la construcción de las nuevas estaciones hidrometeorológicas de la EMAAP-Quito, así como adquisición e instalación de los equipos de mediciones	—————																										
5	Estudios de reglas de operación de embalses y elaboración de pronósticos hidrológicos para los embalses de La Mica, Salve Faccha, Mogotes, etc.	—————▶																										
6	Ampliación de la red de observaciones hidrometeorológicas e hidrogeológicas para futuros proyectos de agua potable y alcantarillado	- - - - -																										
7	Administración del contrato de adquisición e instalación de la red de monitoreo hidrometeorológico del Proyecto Laderas del Pichincha	—————																										
8	Monitoreo y operación de la nueva red de observaciones hidrometeorológicas y de deslizamientos en las Laderas del Pichincha	—————▶																										
9	Ampliación de los estudios del Proyecto SISHILAD hacia las Laderas del Pichincha y del Atacazo que rodean el centro y sur de Quito, así como a la cuenca aportante del colector de El Batán	—————																										
10	Investigaciones sobre la variación en el tiempo de la humedad de los suelos	—————																										
11	Elaboración de estudios sobre parámetros de diseño de las redes de alcantarillado de Quito y el Distrito Metropolitano y participación en los proyectos de recuperación de quebradas de la Administración Sur	- - - - -▶																										
12	Síntesis y publicación de los resultados del Proyecto SISHILAD	—————																										

SIMBOLOS

- ▶ Actividades continuas y de duración indefinida
- Actividades continuas
- - - - - Actividades intermitentes

CONVENIO DE COOPERACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA
ENTRE
LA EMPRESA MUNICIPAL DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE
DE QUITO (EMAAP-Q),
EL INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
(INAMHI)
Y
EL INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
(ORSTOM)

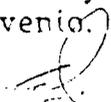
La Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, en adelante denominada EMAAP-Q, domiciliada en Quito - Ecuador (Alemania y Mariana de Jesús) y representada por su Gerente General, Ingeniero Patricio Ribadeneira; el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, en adelante denominado INAMHI, domiciliado en Quito - Ecuador (Iñaquito 923 y Corea) y representado por su Director General, Ingeniero Galo Cisneros F.; y el *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération*, en adelante denominado ORSTOM, domiciliado en París - Francia (213, rue La Fayette) y representado por su Director General, Doctor Gérard Winter, convienen en suscribir el presente convenio de cooperación científica y técnica que posibilitará la investigación de los problemas que se presentan en las laderas del Fichincha.

1. ANTECEDENTES

El 13 de abril de 1959, los gobiernos del Ecuador y de Francia suscribieron un Acuerdo Básico relativo a la cooperación técnica entre los dos países.

El 28 de abril de 1988, el Ministerio de Relaciones Exteriores a nombre del gobierno del Ecuador y el Presidente del *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération* (ORSTOM), deseosos de fortalecer la cooperación y prestar atención a los nuevos requerimientos de investigación, dentro del marco del Acuerdo Básico, firmaron un Acuerdo General de Cooperación Científica y Técnica, el mismo que fue renovado por un período de 5 años el 5 de marzo de 1994.

El 26 de mayo de 1993, el INAMHI y el ORSTOM suscribieron un acuerdo de cooperación científica y técnica, para el Estudio de las Inundaciones y Sequías en el Ecuador, en el cual se circunscribe el presente convenio.



El INAMHI es el organismo rector, coordinador y regulador en todo cuanto se refiere a meteorología e hidrología en el Ecuador, y, dentro de sus funciones, le compete realizar, entre otros, estudios e investigaciones hidrometeorológicas generales o específicos.

La EMAAP-Q es un organismo autónomo del I. Municipio Metropolitano de Quito, que se encarga de los estudios y proyectos para el alcantarillado y el agua potable del cantón Quito.

El ORSTOM, a través de su *Département Eaux Continentales* (DEC) — Departamento Aguas Continentales —, tiene una amplia experiencia y conocimiento acerca de los fenómenos hidrológicos urbanos y crecidas en regiones tropicales del mundo, así como también de las regiones hídricas del Ecuador, adquiridos a través de veinte años de cooperación con diversos institutos y organismos ecuatorianos.

Como antecedentes adicionales es menester señalar los siguientes:

En el período de 1980 a 1984, con base en el convenio firmado el 9 de diciembre de 1980 entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería (FRONAREG e INERHI) y la Empresa Municipal de Agua Potable de Quito (EMAP-Q), se realiza el « Estudio de la cuenca vertiente representativa de la cubeta de Quito » en el cual el ORSTOM participa en calidad de asesor.

Con el propósito de realizar el control periódico de los niveles del acuífero de Quito y para garantizar el mantenimiento de las estaciones piezográficas, el 8 de enero de 1990 el INAMHI y la EMAAP-Q suscribieron un convenio interinstitucional. Los trabajos previstos en aquel acuerdo prosiguen en la actualidad.

2. NOMBRE DEL PROYECTO

Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Área Metropolitana de Quito (SISHILAD)

3. JUSTIFICACIONES

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como las crecidas y aluviones, son causa de daños a la propiedad y pérdida de vidas humanas, con los consecuentes problemas sociales y económicos.

En el área metropolitana de Quito se presentan recurrentemente dichos

fenómenos, produciendo el taponamiento y destrucción de los sistemas de drenaje y alcantarillado de la ciudad, daños a la infraestructura comunitaria y particular, etc.

Por lo antes mencionado y con el fin de prevenir la ocurrencia de dichos fenómenos hidrometeorológicos extremos, se ha decidido coordinar esfuerzos a fin de optimizar el uso de los medios y recursos de que disponen la EMAAF-Q, el INAMHI y el ORSTOM, y suscribir el presente convenio.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Reducir los daños provocados por las crecidas y aluviones provenientes de las faldas del Pichincha, con una posible ampliación hacia otras cuencas. Esto implica la implantación de un sistema operacional de previsión y de alerta que utilizará de la mejor manera los recursos técnicos y financieros de las partes.

4.2. Objetivos específicos

- Conocer el régimen hidrológico de Quito y su área de influencia;
- optimizar y modernizar la red hidrometeorológica e implementar la red de vigilancia y prevención de fenómenos extremos en Quito;
- disponer de datos suficientes para el diseño de sistemas de drenaje y alcantarillado de la ciudad;
- intercambiar bases científicas entre las partes;
- desarrollar e implantar modelos de simulación para el pronóstico y aviso de fenómenos hidrológicos extremos;
- evaluar el impacto de diversas hipótesis de urbanización recientes y futuras;
- paralelamente y si el Comité Coordinador lo considerare conveniente, se procederá a actualizar el estado de los conocimientos sobre las aguas subterráneas de la cubeta de Quito, a fin de racionalizar su utilización y de corregir los impactos que sus variaciones podrían traer al entorno urbano. De igual manera se considerará todo lo

concerniente al análisis y zonificación climatológica de Quito, al abastecimiento de la ciudad a partir de la fundición de los glaciares, así como cualquier otro riesgo natural que el Comité juzgare necesario estudiar;

- recomendar el tipo de obras de protección o la construcción de embalses de regulación de crecidas;
- realizar la síntesis y la publicación de los resultados;
- capacitar al personal de la EMAAP-Q y del INAMHI asignado al proyecto en el tema y especialización que los estudios requieren.

5. MARCO INSTITUCIONAL

5.1. Instituciones ejecutoras

Para el cumplimiento de los propósitos enunciados, la EMAAP-Q proporcionará el espacio físico en donde funcionará la unidad técnica. El trabajo investigativo será ejecutado en forma conjunta por la EMAAP-Q, el INAMHI y el ORSTOM.

5.2. Instituciones de apoyo

Para alcanzar los objetivos planteados por el presente convenio, se podrá solicitar la participación de otras instituciones ecuatorianas y extranjeras, de común acuerdo entre las partes.

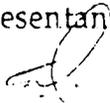
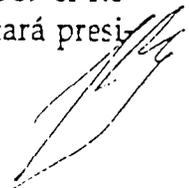
La participación de cualquier otra institución estará regida por las normas y disposiciones establecidas en el presente convenio.

5.3. Organización

La ejecución de este proyecto requiere de una organización técnica que implica la formación de un Comité Coordinador y de una Unidad Técnica Ejecutora.

A) Comité Coordinador

Estará integrado por el Gerente General de la EMAAF-Q o su delegado, el Director General del INAMHI o su delegado, y por el Representante del ORSTOM en el Ecuador o su delegado. Estará presi-

dido por el representante de la EMAAP-Q y actuará como secretario el Jefe de la Unidad Técnica Ejecutora.

Será el responsable de la conducción general del proyecto, de la aprobación de los programas de trabajo que serán propuestos anualmente y de los informes semestrales de avance puestos a su consideración.

Delegará al jefe de la Unidad Técnica Ejecutora, la ejecución y la responsabilidad del proyecto de acuerdo a los planes y programas aprobados.

Se reunirá ordinariamente cada semestre en la sede del proyecto y excepcionalmente las veces que sean necesarias a pedido de uno de sus miembros.

El jefe de la Unidad Técnica Ejecutora y los responsables de los equipos del INAMHI y del ORSTOM asistirán a las reuniones con voz informativa pero no tendrán voto.

B) *Unidad Técnica Ejecutora*

Será la encargada de cumplir los objetivos del proyecto « Sistema de Pronóstico Hidrológico de las Laderas del Pichincha y Área Metropolitana de Quito ».

Estará conformada por los técnicos nacionales y extranjeros asignados al proyecto. La EMAAP-Q nombrará un Jefe de la Unidad Técnica Ejecutora y el INAMHI y el ORSTOM un responsable de cada equipo.

Con el fin de cumplir con las funciones y objetivos previstos en el proyecto, la Unidad Técnica Ejecutora estará dotada de autonomía técnica.

Los responsables podrán tomar las decisiones relativas a su personal, definirán los programas de trabajo y asumirán las actividades de coordinación y gestión. Adicionalmente, deberán elaborar los informes semestrales de avance que serán puestos a consideración y aprobación del Comité Coordinador..

A la Unidad Técnica Ejecutora le corresponde organizar cursos y seminarios académicos y científicos sobre temas del proyecto. Se entregarán diplomas suscritos por EMAAP-Q/INAMHI/ORSTOM.




○ Modalidad de participación

El personal de cada contraparte estará bajo el control administrativo de la Unidad Técnica Ejecutora.

6. APORTES INSTITUCIONALES

Para lograr los propósitos del presente convenio, las partes se comprometen a lo siguiente:

EMAAP-Q

- Proporcionar las oficinas, muebles y demás facilidades para una adecuada realización del trabajo de la Unidad Técnica Ejecutora;
- poner a disposición de los participantes en el proyecto los sistemas e instrumentación necesarios para el desarrollo normal de las actividades;
- financiar la adquisición de equipos y los gastos operativos, que constan en el anexo I del presente documento;
- solicitar, cuando el buen funcionamiento del proyecto lo requiera, que la adquisición de equipos e instrumentos científicos por ella financiados, sea realizada por intermedio del ORSTOM. Para ello las partes definirán el reglamento respectivo que estará de acuerdo con las leyes vigentes y que incluirá el control de gastos. Este reglamento será elaborado en plazo no mayor de sesenta días, a partir de la firma del convenio;
- facilitar los instrumentos hidrometeorológicos de que dispone en la actualidad, para la instalación de las primeras estaciones;
- asignar al proyecto dos técnicos profesionales, un analista de sistemas, dos auxiliares, un dibujante, una secretaria y un chofer, aun cuando se podrá delegar mayor cantidad de personal a tiempo completo o temporalmente, de acuerdo a los requerimientos;
- proporcionar un vehículo para el desarrollo de las actividades y para las tareas de investigación propuestas.
- asumir los sueldos y demás gastos de su personal asignado al proyecto;
- proseguir, conjuntamente con el INAMHI, en la operación y

mantenimiento del Sistema de Pronóstico de las Laderas del Pichincha.

INAMHI

- Asignar al proyecto dos técnicos profesionales, cifra que podrá aumentar posteriormente con la asignación de personal a tiempo completo o temporalmente de acuerdo a los requerimientos;
- realizar la construcción y/o instalación de las estaciones hidrometeorológicas del proyecto, previa aceptación y financiamiento de EMAAP-Q;
- efectuar la operación, inspección y mantenimiento de las estaciones hidrometeorológicas, con la participación de técnicos de EMAAP-Q.
- facilitar los laboratorios técnicos para la calibración y/o reparación de los instrumentos hidrometeorológicos, facturando el costo de repuestos y partes reemplazados;
- de ser necesario, asignar un vehículo para la operación de estaciones, e instalar programas de procesamiento de datos hidrometeorológicos en las computadoras de la Unidad Técnica Ejecutora;
- asumir los sueldos y demás gastos de su personal asignado al proyecto;
- proseguir, conjuntamente con la EMAAP-Q, en la operación y mantenimiento del Sistema de Pronóstico de las Laderas del Pichincha.

ORSTOM

- Asignar al proyecto un investigador y un ingeniero permanentes, cifra que podrá aumentar posteriormente con la asignación de personal a tiempo completo o temporalmente de acuerdo a los requerimientos;
- recibir, de acuerdo a sus posibilidades, en sus centros de investigación y laboratorios en el exterior al personal cualificado que desee especializarse y que haya obtenido una beca del gobierno francés o de cualquier otra fuente capaz de financiar una capacitación;
- contribuir, en la medida de sus posibilidades, a financiar la participación del personal asignado al proyecto en eventos internacionales sobre temáticas referentes a las actividades desarrolladas en el proyecto;

- servir de intermediario, cuando la EMAAP-Q lo solicite, para adquirir aquellos equipos e instrumentos científicos que la empresa deba financiar;
- contribuir al fortalecimiento de la biblioteca de la EMAAP-Q y del INAMHI con la entrega e intercambio de revistas, publicaciones, etc., así como de la base informática con modelos, sistemas, paquetes y programas de computación;
- asumir los sueldos, viáticos, comisiones de servicio y demás gastos relativos a su personal asignado al proyecto.

7. RESULTADOS

En todos los casos, los resultados del proyecto y toda publicación científica derivada se presentarán a nombre de las tres entidades ejecutoras.

Las publicaciones (informes, artículos, mapas, etc.) llevarán los nombres de las personas que hayan participado en los trabajos correspondientes, aunque en ciertos casos no pertenezcan a las entidades participantes.

Los resultados podrán aparecer en las revistas de cada institución, en publicaciones científicas nacionales e internacionales. Podrán además ser objeto, por parte de los autores, de ponencias en eventos científicos tales como coloquios, congresos, conferencias, etc., siempre respetándose lo estipulado en el primer párrafo de este numeral.

8. PROTECCION DE LOS BIENES, RESULTADOS Y VALORIZACIÓN

En lo referente a los equipos, obras y otros bienes, ellos serán propiedad de la institución que los adquiera, pero mientras se desarrolle el proyecto de investigación estarán al servicio de esta.

Las partes serán copropietarias de los resultados provenientes de los trabajos llevados a cabo conjuntamente.

El Comité Coordinador examinará todo lo relativo a la protección y utilización industrial o comercial de tales resultados y hará las propuestas correspondientes a fin de establecer a la brevedad posible un contrato que prevea en especial las modalidades de protección de los resultados utilizables, el alcance técnico y geográfico de los derechos de propiedad industrial y de utilización, las condiciones financieras (repartición de las utilidades), las cláusulas de rescisión.

En todos los casos, las partes cuidarán de que se concedan al Ecuador condiciones especiales de utilización de los resultados.

9. DURACIÓN, PRORROGA, RESCISIÓN

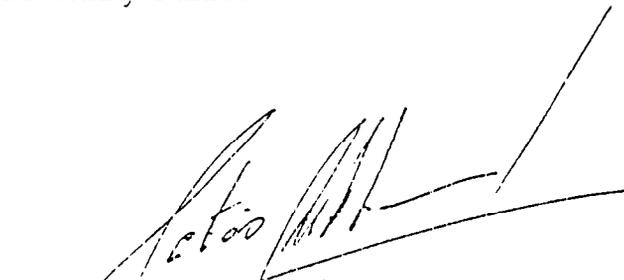
El presente convenio de cooperación científica y técnica tendrá una duración de cuatro años, que se cumplirán en dos fases, descritas en los anexos I y II. Al término de ese período, luego de una evaluación, podrá ser renovado mediante alcance con base en un programa preciso.

Podrá ser rescindido a pedido justificado y por escrito de una de las partes, con un aviso previo de seis meses, sin que ello afecte la terminación de los trabajos en curso.

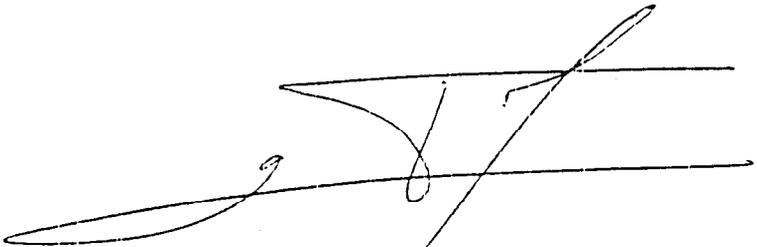
Para constancia y aceptación de todo lo estipulado, las partes suscriben el presente documento en ocho (8) ejemplares, cuatro (4) en español y cuatro (4) en francés, teniendo todos los textos igual contenido y valor.

En Quito, a los días del mes de de mil novecientos noventa y cuatro.

En París, a los20..... días del mes de Septiembre de mil novecientos noventa y cuatro.


Ing. Patricio Ribadeneira
Gerente General de la EMAAF-Q


Ing. Galo Cisneros F.
Director General del INAMHI


Dr. Gérard Winter
Director General del ORSTOM

ANEXO I

SISTEMA DE PRONOSTICO HIDROLOGICO DE LAS LADERAS DEL
PICHINCHA Y EL AREA METROPOLITANA DE QUITO
— FINANCIAMIENTO —

1. FASE I (ver cronograma)

Comprende renovación de equipo obsoleto, instalación de la Red Hidrometeorológica inicial en la zona Nor-occidental de Quito, equipamiento de instrumentos y equipos de oficina, operación de la red, análisis de datos para la estimación de crecidas, formulación de conclusiones provisionales, difusión de resultados y definición detallada de la segunda fase.

AFORTES ESTIMADOS (en US\$)

A. INAMHI

• Plataforma automática a instalarse	30.000,00
• Infraestructura existente	350.000,00
• Operación y mantenimiento	50.000,00
• Personal Técnico especializado, sueldos	132.000,00
Total INAMHI :	562.000,00

(quinientos sesenta y dos mil US dólares)

B. CRSTOM

• Técnicos (dos)	130.000,00
• Instrumentos y contribución a la operación de la red	15.000,00
Total CRSTOM	145.000,00

(ciento cuarenta y cinco mil US dólares)

C. EMAAP-Q (Partida nº 5.2.1.6610.420 «Laderas del Pichincha»)

Para llevar adelante el proyecto, la EMAAP-Q solventará lo siguiente:

• Instalación estación de trabajo, seis computadoras PC y dos impresoras	25.000,00
• Estaciones limnigráficas automáticas (cuatro)	40.000,00
• Estaciones limnigráficas convencionales (cuatro)	16.000,00
• Estaciones pluviográficas automáticas (cinco)	25.000,00
• Estaciones pluviográficas convencionales (cinco)	3.000,00
• Pluviómetros (veinte)	10.000,00
• Vehículo	25.000,00
• Operación y mantenimiento	57.000,00
Total EMAAP-Q	194.000,00

(ciento noventa y cuatro mil US dólares)

Costo de la primera fase: 901.000,00
(novecientos un mil US dólares)




ANEXO II
PROYECTO « SISTEMA DE PRONÓSTICO HIDROLÓGICO DE LAS LADERAS DEL PICHINCHA
Y DEL ÁREA METROPOLITANA DE QUITO »

Cronograma de las actividades a ejecutarse dentro del proyecto

Actividades	año I				año II				año III				año IV			
	TRIMESTRES				TRIMESTRES				TRIMESTRES				TRIMESTRES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE I																
Instalación de la red hidrometeorológica inicial en la zona nor-occidental de Quito	■	■														
Equipamiento en instrumentos y equipos de oficina	■															
Operación de la red hidrometeorológica		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Análisis de los datos		■	■	■												
Estimación de crecidas sector norte				■												
Formulación de conclusiones provisionales				■												
Difusión de resultados				■												
Definición detallada de la fase II				■												

2. SEGUNDA FASE (años II, III y IV)

Comprende la definición final de los términos del proyecto, la adquisición de instrumentos para complementar la red, las instalaciones correspondientes, la operación de la red y el procesamiento de los datos, la experimentación de campo para el ajuste de modelos, la implantación de una red y modelo operacional de alerta, el manejo de las cuencas y el funcionamiento del alcantarillado, la formulación de las conclusiones prácticas para el diseño y el manejo de las obras de protección y alerta de crecidas, y la difusión de resultados.

Para el cumplimiento de esta fase es necesario el aporte económico, técnico y operacional de las instituciones participantes, cuyos montos estimados son los siguientes:

APORTES ESTIMADOS (en US\$)

A. INAMHI

• Operación y mantenimiento	100.000,00
• Personal técnico, sueldos	396.000,00
Total INAMHI	496.000,00

(cuatrocientos noventa y seis mil US dólares)

B. ORSTOM

• Técnicos (dos)	420.000,00
• Instrumentos y contribución a la operación de la red	15.000,00
Total ORSTOM	435.000,00

(cuatrocientos treinta y cinco mil US dólares)

C. EMAAP-Q (Partida nº 5.2.1.6610.429 «Laderas del Pichincha»)

• Estaciones limnigráficas automáticas (tres)	30.000,00
• Estaciones limnigráficas convencionales (tres)	12.000,00
• Estaciones pluviográficas automáticas (cinco)	25.000,00
• Estaciones pluviográficas convencionales (cinco)	3.000,00
• Pluviómetros (veinte)	10.000,00
• Operación y mantenimiento	100.000,00
Total EMAAP-Q	180.000,00

(ciento ochenta mil US dólares)

Costo de la segunda fase : 1'111.000,00
(un millón ciento once mil US dólares)

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Aporte INAMHI	1'058.000,00
Aporte ORSTOM	580.000,00
Aporte EMAAP-Q	374.000,00
TOTAL:	2'012.000,00

TOTAL PROYECTO: US \$ 2'012.000,
DOS MILLONES DOCE MIL US DOLARES