

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

INFORME FINAL  
CONSULTORIA EN HIDROLOGIA Y CALIDAD DEL AGUA  
DAULE PERIPA (EC-0099)

LUIS E. GARCÍA M.

ENERO 1985 .

## CONTENIDO

| <u>Párrafo</u>  | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. ANTECEDENTES   | 1             |
| 1.1 El Proyecto   | 1             |
| 1.2 Situación Actual  | 2             |
| 2. PROPOSITO Y ALCANCE DEL TRABAJO                              | 3             |
| 2.1 Términos de Referencia                                      | 3             |
| 2.2 Interpretación de los Términos de Referencia                | 3             |
| 3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO                                     | 5             |
| 3.1 Programa de Trabajo y Cambios Subsiguientes                 | 5             |
| 3.2 Actividades Desarrolladas                                   | 7             |
| 4. HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRAULICOS                            | 8             |
| 4.1 Revisión de Información                                     | 8             |
| 4.2 Modelo de Generación de Caudales                            | 25            |
| 5. RETORNOS DE RIEGO  | 29            |
| 6. CALIDAD DEL AGUA   | 32            |
| 6.1 Calidad del Agua que Sale del Embalse                       | 32            |
| 6.2 Volúmenes de Dilución Requeridos Para los Retornos de Riego | 33            |
| 6.3 Intrusión Salina  | 42            |
| 7. BENEFICIOS Y COSTOS RELACIONADOS CON AGUA POTABLE            | 44            |
| 8. SIMULACION DE LA OPERACION DEL EMBALSE                       | 48            |
| 8.1 Hipótesis   | 48            |
| 8.2 Discusión   | 48            |

| Párrafo                      | Página |
|------------------------------|--------|
| 8.3 Conclusiones             | 48     |
| 8.4 Recomendaciones          | 49     |
| 9. SIMULACION PROBABILISTICA | 49     |
| 9.1 Descripción              | 49     |
| 9.2 Resultados               | 51     |
| 9.3 Discusión                | 54     |
| 9.4 Conclusiones             | 63     |
| 9.5 Recomendaciones          | 64     |
| 10. REFERENCIAS              | 67     |
| 11. AGRADECIMIENTOS          | 69     |

#### LISTA DE TABLAS

| <u>Tabla</u>  | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. Proyecto Daule-Peripa. Calendario Previsto                         | 1             |
| 2. Comparación de Valores de Lluvia Usados en Simulaciones Anteriores | 12            |
| 3. Períodos de Registro de las Principales Estaciones Hidrométricas   | 15            |
| 4. Diferencias entre los Caudales Usados en 1978 y en 1984            | 18            |
| 5. Comparaciones de Calidad del Agua. Salinidad y Iones               | 36            |
| 6. Concentraciones de Aldrín en p.p.b. Proyecto Babahoyo              | 38            |
| 7. Comparaciones de Calidad del Agua (Pesticidas)                     | 41            |
| 8. Simulación. Valores Para el Mes de Noviembre                       | 55            |
| 9. Simulación. Valor Esperado   | 57            |
| 10. Simulación. Número de Déficit en 100 Trazas                       | 58            |

## LISTA DE FIGURAS

| <u>Figura</u>                                 | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. Localización General del Area del Proyecto | 70            |

## LISTA DE ANEXOS

| <u>Anexo</u>  | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| 1. Documentos Revisados   | 71            |
| 2. Personas Entrevistadas   | 75            |
| 3. Caudales Medios Mensuales. Daule en el Sitio de Presa  | 76            |
| 4. Caudales Medios Mensuales. Daule en Pichincha  | 79            |
| 5. Caudales Medios Mensuales. Daule en Balzar   | 81            |
| 6. Caudales Medios Mensuales. Daule en Capilla  | 82            |
| 7. Río Daule: Relación Entre Caudales Mensuales de las Estaciones Pichincha y Capilla ( $Q \leq 90 \text{ M}^3/\text{s}$ )  | 83            |
| 8. Río Daule: Relación Entre Caudales Mensuales de las Estaciones Pichincha y Capilla ( $Q \geq 100 \text{ M}^3/\text{s}$ ) | 84            |
| 9. Estación Pichilingue. Datos de Lluvia  | 85            |
| 10. Aforos Simultáneos en Junio 1984  | 87            |
| 11. Río Daule: Relación de Caudales Mensuales Entre Capilla y La Toma   | 88            |
| 12. Lluvia Mensual en Estación Guayaquil  | 89            |
| 13. Demandas Mensuales para Abastecimiento de Agua de Riego   | 92            |
| 14. Principales Características del Modelo de Simulación para la Operación Probabilística del Embalse                       | 93            |
| 15. Planilla de Computador con los Resultados de la Simulación del Primer Grupo (casos 1 a 10)                              |               |

Anexo

Página

16. Planilla de Computador con los Resultados  
de la Simulación del Caso 11
17. Planilla de Computador con los Resultados  
de la Simulación del Caso 12
18. Concentraciones Características de Pesticidas      95  
en la Escorrentía.

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 El Proyecto

El proyecto de propósito Múltiple Daule-Peripa comprende varias etapas. La primera de ellas consiste en la construcción de la presa de embalse Daule-Peripa y el riego de 17,000 hectáreas en la margen derecha del río Daule. En una segunda etapa se contempla regar 33,000 hectáreas adicionales en la margen izquierda del río Daule; controlar las inundaciones en el valle del mismo río; controlar la salinidad en el río Daule, proveniente de las mareas; asegurar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guayaquil hasta el año 2,000; y generar energía mediante una central hidroeléctrica de 130 MW de capacidad. A todo ello se le ha denominado "esquema básico" para propósitos de este informe.

Se ha considerado también que la capacidad de almacenamiento y regulación del embalse, posibilitan obtener beneficios adicionales mediante trasvases a la península de Santa Elena (para regar 50,000 hectáreas adicionales), a la provincia de Manabí (40,000 Ha.) y a la cuenca del río Vinces (trasvase Daule-Macul; 8000 Ha.). El calendario previsto se muestra en la Tabla 1.

En 1979 el Banco aprobó el financiamiento de la I Etapa por un monto de US \$165 Millones, siendo el costo total estimado de US \$351.7 Millones.

TABLA I  
PROYECTO DAULE-PERIPA  
CALENDARIO PREVISTO

| ETAPA                               | AÑOS      |
|-------------------------------------|-----------|
| Primera Etapa                       |           |
| Terminación Construcción Presa      | 1987      |
| Terminación Riego 17,000 Ha.        | 1988      |
| Control Salino                      | 1987      |
| Agua Potable                        | 1987      |
| Construcción Central Hidroeléctrica | 1986-1990 |
| Trasvase a Santa Elena (50,000 Ha)  | 1986-1990 |
|                                     | 1994-1996 |
| Trasvase a Manabí (40,000 Ha)       | 1986-1989 |
| Trasvase Daule-Macul (8,000 Ha)     | 1989-1991 |

## 1.2 Situación Actual

La presa está en construcción y el riego de las 17,000 Ha. ha sido ya licitado. Existen estudios de factibilidad para el trasvase a Santa Elena y la central hidroeléctrica. El trasvase a Manabí ha sido estudiado a nivel de prefactibilidad avanzada. Hay estudios iniciales para las 33,000 Ha. adicionales en el Valle del Daule y para el trasvase Daule-Macul.

Por escalamiento de costos, el costo actual estimado de la primera etapa supera en alrededor de US \$150 Millones, al costo estimado inicialmente.

En marzo de 1984, visitó Ecuador una Misión Especial del Banco, con el objeto de iniciar la preparación de los términos de referencia para la evaluación de una posible solicitud de financiamiento adicional de aproximadamente ese monto, para el proyecto Daule-Peripa.

La Misión discutió con las autoridades de CEDEGE<sup>1]</sup> el contenido y las especificaciones de la información que se debía preparar para hacer el análisis de una posible operación de préstamo complementario y acordar los términos de referencia y posibles metodologías que se usarían en dicho análisis.

Entre las conclusiones de la Misión, se señala que el modelo de simulación del manejo del embalse utilizado por CEDEGE es determinístico y no probabilístico, requiriendo algunos ajustes para determinar mejor los niveles de confiabilidad en el uso del recurso agua. Además, que deben analizarse cuidadosamente algunos parámetros usados en dicho modelo, relativos al control salino, a los caudales de retorno de riego y a los volúmenes de dilución respectivos, ya que pueden tener importante influencia en la posibilidad y costos de potabilizar agua para Guayaquil. En consecuencia, la Misión recomendó obtener la ayuda de un Consultor en Planificación y Optimización de Recursos Hídricos, quien debería investigar además, aspectos sobre disponibilidad y calidad del agua.

El presente informe se refiere a los resultados obtenidos en dicha consultoría.

---

1] Comisión de Estudios Para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas.

## 2. PROPOSITO Y ALCANCE DEL TRABAJO

Los objetivos de la Consultoría son apoyar al equipo de proyecto <sup>2]</sup> proporcionando y elaborando información para ser utilizada en la evaluación económica. Para el efecto, las funciones del Consultor fueron definidas en los términos que se indican a continuación, transcritos literalmente del contrato respectivo.

### 2.1 Términos de Referencia

#### "Consultor Hidrología y Calidad del Agua

##### Daule Peripa (EC-0099)

- 1) Revisar la hidrología, especialmente aguas abajo de la presa.
- 2) Montar un modelo probabilístico que permita determinar la confiabilidad con que se atiende la demanda de riego y la generación de energía para varios escenarios de demanda de riego y agua potable. Este modelo puede utilizar el modelo de simulación de CDG.
- 3) Revisar los supuestos sobre flujos de retorno.
- 4) Revisar todos los aspectos de calidad del agua, en particular, los supuestos efectuados sobre evaluación económica de los beneficios de agua potable. Verificar los volúmenes de agua de dilución."

### 2.2 Interpretación de los Términos de Referencia

En conversaciones aclaratorias sostenidas con miembros del staff de las Divisiones de Desarrollo Agropecuario y Forestal, Energía e Infraestructura del Banco, con el objeto de definir las necesidades de información de éstas y por ende los alcances del trabajo del Consultor, hubo consenso en la interpretación de los términos de referencia, que se da a continuación:

- a) Adaptar al modelo de simulación de embalses de CEDEGE, un modelo de generación de caudales

---

2] Se refiere al equipo, integrado por personal del staff del Banco, que hará la actualización de la evaluación del Proyecto, cuya responsabilidad primordial recae en la División de Desarrollo Agropecuario y Forestal con la colaboración y coordinación de las Divisiones de Energía e Infraestructura.



mensuales bivariado, autoregresivo lineal de primer orden, con distribución log-normal u otra que tome en cuenta la asimetría en la distribución de los caudales.

- b) Revisar el modelo de simulación de embalses de CEDEGE e incorporarle las modificaciones necesarias que permitan:
  - i) Efectuar simulaciones dinámicas, es decir, considerando los incrementos necesarios en los requerimientos de los diversos usos a medida que las etapas del proyecto van implementándose, para ver en qué momento podrían aparecer conflictos y/o problemas de confiabilidad en los suministros.
  - ii) Computar la confiabilidad en el suministro de la demanda para cada uso para cada mes de cada uno de los años del horizonte.
  - iii) Efectuar simulaciones suponiendo una capacidad instalada de 130 MW, pero con una demanda dada de energía firme anual, (entre 487 y 404 GW-h/año), considerando la generación distribuida en todos los meses del año o bien concentrada durante los meses de noviembre a febrero, computando además la generación media anual.
  - iv) Efectuar simulaciones suponiendo que el nivel mínimo de operación para riego sea igual al nivel mínimo de generación para energía.
  - v) Efectuar simulaciones considerando demandas de riego que reflejen la variabilidad de la precipitación en cada uno de los meses de la simulación y no la precipitación media mensual.
- c) Revisar inicialmente el "proyecto básico" y luego considerar los esquemas de los trasvases, revisando especialmente la hidrología aguas abajo de la presa. Recomendar el tipo de investigaciones adicionales necesarias.
- d) Revisar los supuestos efectuados sobre volúmenes de retorno de riego y sobre volúmenes necesarios para dilución.
- e) Revisar los posibles efectos del proyecto en el suministro de agua potable para Guayaquil,

poniendo atención a las posibilidades y costos de potabilización con el objeto de:

- i) establecer los órdenes de magnitud o los límites en que éstos podrían estar; y
  - ii) recomendar qué tipo de estudios deben realizarse para su definición precisa.
- f) Tener montados los programas de computador y si posible, haber efectuado corridas de prueba e interactuar con la Misión de Evaluación durante los primeros días de permanencia de ésta en Guayaquil, Ecuador.

Para lo anterior se dispondría del computador de CEDEGE y del apoyo de un programador familiarizado con el uso del mismo. El tiempo disponible sería de tres semanas de permanencia en Guayaquil (la última de ellas de traslape con la Misión de Evaluación) y una semana en la sede del Banco en Washington D.C. para orientación y discusión de resultados. La contratación sería por una suma global, en la que estarían incluidos todos los gastos (pasajes aéreos, viáticos, informe, imprevistos, etc.). El total de días-hombre contratados fue de 23.

### 3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

#### 3.1. Programa de Trabajo y Cambios Subsiguientes

De común acuerdo con personas del staff de la División de Desarrollo Agropecuario y Forestal, se elaboró inicialmente el programa de trabajo que se indica a continuación:

- a) 28-30 junio 1984      Visita a Washington D.C. para orientación y formalización de asuntos administrativos (contratación, etc.)
- b) 1-7 julio 1984      Período en Guatemala para preparación de la visita a Guayaquil (bibliografía, programas de computador, etc.)
- c) 8-28 julio 1984      Trabajo en Guayaquil, incluyendo interacción con la Misión de Evaluación durante la semana del 23 al 27 de julio.

- d) 29 julio a 11 agosto 1984      Período en Guatemala para completación bibliográfica, si necesario.
- e) 12-22 agosto 1984      Período en Washington D.C. para discusión de resultados y de recomendaciones y elaboración del informe.
- f) 31 agosto 1984      Ultima fecha para el envío del informe.

El programa anterior se cumplió a cabalidad en sus items a) y b), pero a partir del item c), hubo de ser modificado dos veces de común acuerdo, por las razones que a continuación se mencionan: primero, CEDEGE no contaba con computador instalado en sus oficinas por haber adquirido un equipo nuevo, el cual no le había sido instalado aún, siendo necesario trabajar con el equipo del vendedor (COMPUTEC) en condiciones muy limitadas de disponibilidad, tiempo, acceso, conocimiento y funcionalidad del equipo, situación que no pudo ser superada durante el período comprendido entre el 9 de julio y el 24 de agosto; segundo, la presencia de la Misión de Evaluación en Guayaquil tuvo que ser pospuesta tres veces estando ya el Consultor en dicho lugar, la primera del 23 al 25 de julio, la segunda del 25 de julio al 20 de agosto y la tercera, del 20 al 23 de agosto.

En tal virtud, el item c) se cumplió sin la interacción con la Misión de Evaluación y sin tener montados aún todos los programas de computador. El item d) se prolongó hasta el 14 de agosto, período durante el cual el Consultor estuvo en contacto telefónico con CEDEGE (el 6 y 13 de agosto) para seguir el avance de la instalación de los programas de computador. El item e) se pasó al 15-18 de agosto para información verbal a la División de Desarrollo Agropecuario y Forestal y discusión con algunos integrantes de la Misión de Evaluación y otros miembros del staff del Banco. Se incluyó también una visita adicional (no programada ni presupuestada inicialmente) a Guayaquil del 19 al 25 de agosto en compañía de la Misión de Evaluación, para revisar las corridas del computador, interactuar con la Misión y elaborar el borrador del informe final.

Este item tuvo de nuevo que ser modificado ya en Guayaquil, ante la noticia de una ausencia total de computador que se inició el 13 de agosto y se prolongó más allá del 25 y ante la presencia de

la Misión en Guayaquil el día 23 en vez del 20, habiéndose por lo tanto cumplido a cabalidad sólo la elaboración del borrador de informe final.

De común acuerdo, se pospuso el ítem f) para dar tiempo a que CEDEGE dispusiera del computador para efectuar las corridas de simulación. Después de recibida la primera corrida y de varios intercambios telefónicos con personal del Banco y CEDEGE durante los meses de septiembre y octubre, tanto para definir las corridas operacionales del modelo de simulación, como otros aspectos relacionados con los volúmenes de dilución, se esperó la llegada de los resultados.

Por diversas razones relativas a los medios de envío del material, éste se completó hasta el 10.01.85.

### 3.2 Actividades Desarrolladas

Las actividades desarrolladas para cumplir con los propósitos del trabajo incluyeron la revisión de documentos proporcionados tanto por el Banco como por CEDEGE y EMAP-G 1], entrevistas con miembros del staff del Banco y de diversas instituciones en Guayaquil, visita al campo, trabajo con el computador e interacción con miembros de la Misión de Evaluación.

En el Anexo 1 se presenta la lista de los documentos revisados y en el Anexo 2, la lista de personas entrevistadas.

La Visita al campo incluyó un reconocimiento general de la zona de riego de 17,000 Ha. del Daule, las estaciones hidrométricas Daule en Pichincha, Daule en Balzar, Daule en Capilla y Vines en Vines, así como la estación meteorológica de Capilla.

El trabajo de computación incluyó la adaptación de varias subrutinas y la integración de un programa para el análisis de los caudales y cálculo de los parámetros del modelo de generación, la integración de una subrutina para la generación de trazas de caudales en el modelo de simulación de embalses de CEDEGE, la revisión de dicho programa en conjunto con el programador de CEDEGE, la Corrida en la computadora de los programas mencionados y el análisis de los resultados obtenidos, también en conjunto con el programador.

---

1] Empresa de Agua Potable de Guayaquil.

En Guayaquil, se interactuó con los miembros de la Misión de Evaluación: Alberto Gómez (PAF/ENG), John Kuhns (PAF/ECA), Andrés Solórzano (REP/EC), Félix Fernández (Quito) y Rubén Flores (Lima), especialmente con los dos últimos mencionados, con quienes se discutieron extensamente los aspectos de energía y agua potable-calidad del agua, respectivamente.

Durante todo el tiempo que el Consultor permaneció en Guayaquil, contó con el apoyo eficaz de la persona designada por CEDEGE como contraparte, Ing. Jacinto Rivero.

#### 4. HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRAULICOS

##### 4.1 Revisión de Información

Se revisaron los parámetros hidrológicos utilizados en la simulación de la operación del embalse, tanto los usados por CEDEGE en 1984 como los usados por TAMS en 1978, ya que algunos de ellos se han mantenido incorporados al modelo de simulación. Los parámetros revisados son los siguientes:

##### a) Sedimentos

Hipótesis: Se asumió anteriormente que las pérdidas de almacenamiento debidas a derrumbes y azolve, no interfieren en el almacenamiento operacional del embalse. La base para ello fue la siguiente: El rendimiento estimado fue de 440 Ton/Km<sup>2</sup>, siendo la carga anual de 1.764 Ton x 10<sup>6</sup>. En 50 años, daría un volumen de 88.2Hm<sup>3</sup>. Se aplicó un factor de seguridad de 3, usándose un volumen de 260 Hm<sup>3</sup> y aún así, ello no afectó mayor cosa la relación de almacenamiento. Finalmente, las simulaciones de 1984 consideraron la curva elevación-volumen incluyendo el azolve y la cota de la toma para riego fue 52.8, lo que corresponde a 400 Hm<sup>3</sup>.

Discusión: Para los cálculos anteriores, se usaron las curvas de relación gasto sólido-gasto líquido cuyas ecuaciones son:

$$\text{Para } Q < 200 \text{ M}^3/\text{s} : Q_s = 2.934 (Q - 0.801)^{1.267}$$

$$\text{Para } Q > 200 \text{ M}^3/\text{s} : Q_s = 0.101 (Q - 0.801)^{1.893}$$

Donde:  $Q$  = gasto líquido en M<sup>3</sup>/s

$Q_s$  = gasto sólido en Ton/día

Las curvas anteriores fueron obtenidas graficando mediciones simultáneas de caudal y arrastre de sedimento en la estación hidrométrica Pichincha (ver localización en Figura 1) con lo cual aparece siempre un factor subjetivo, sobre todo cuando como en este caso hay alguna dispersión en los valores. A criterio del Consultor, la curva podría tener una mayor pendiente con lo cual el aporte calculado podría ser mayor. Para verificar el significado de ello y utilizando la curva de duración de caudales diarios calculada en el estudio de TAMS para el período 1968-75, el Consultor estimó la carga anual de sedimentos utilizando tanto las curvas originalmente obtenidas por TAMS, como la que a su criterio se ajustaba mejor a los puntos graficados, obteniendo una carga anual 2.25 veces mayor. Sin embargo, como TAMS finalmente usó una carga 3 veces mayor, se considera aceptable.

El factor de 3 usado por TAMS y el factor aún mayor de 3 que finalmente resulta de los valores usados en 1984, se justifican también debido a que los datos tienen ciertas limitaciones, en el sentido de ser mediciones de arrastre a profundidades entre 4 y 6 metros, ajustadas con base en la distribución vertical de un solo muestreo que llega al fondo. No se han calculado valores adicionales desde entonces y no se han variado las estimaciones originales de azolve hechas por TAMS.

Por otro lado, en el plan de Conservación Ambiental (ver referencia 21 del Anexo 1) se indica que casi un 80% de la cuenca tributaria al embalse posee un riesgo de erosión de fuerte a severo, por lo cual se propone tanto un proyecto de investigación de conservación de suelos, como el establecimiento de una faja forestal protectora en las márgenes del embalse.

Conclusiones: No obstante los factores de seguridad usados, la validez de la hipótesis planteada y mantenida hasta ahora, depende de la verificación de datos básicos, como el acarreo de sedimentos y el riesgo de erosión, especialmente por las variaciones grandes que se introducen al variar la parte alta de las curvas que relacionan el gasto sólido y el gasto líquido. Igualmente y dependiendo de esa verificación, podría estar relacionada con programas de manejo de la cuenca que evitarán su deterioro futuro. Estando ya en construcción la presa, no es posible seguir midiendo arrastre en las estaciones hidrométricas, que están aguas abajo.

Sin embargo, si se procesaran los datos adicionales después de 1977, podría verificarse la estimación de TAMS en cuanto al aporte de azolve.

Recomendaciones: Para garantizar la validez de la hipótesis, es importante que se ponga atención a las recomendaciones del Plan de Conservación Ambiental y se realice tanto el estudio allí propuesto (costo allí estimado, sin gastos de oficina US \$112,600), como el programa de manejo. Valdría la pena también revisar la estimación de azolve hecha por TAMS, procesando los datos de arrastre de sedimentos adicionales a los disponibles en 1977.

b) Evaporación

Hipótesis: Se asumió anteriormente que las pérdidas por evaporación del embalse son las debidas a la evaporación bruta, es decir, sin restar el efecto de la evapotranspiración del área del vaso de almacenamiento antes del proyecto. La estimación que hizo TAMS se mantuvo en todas las simulaciones posteriores.

Discusión: El procedimiento utilizado en calcular la evaporación consistió en lo siguiente: de información generalizada regional con datos de evaporímetro Piché (mediciones en la sombra), se estimó un valor anual de 750 mm. Luego se estimó que la evaporación de tanque tipo A (evaporímetro estándar de superficie libre a la intemperie) es el doble que la de Piché y que la evaporación real del lago (embalse) es 75% de la de tanque tipo A. Ello dió un valor anual de 1125 mm. Este valor fue verificado con datos de otras estaciones de la región y asumiendo que la evaporación está en una relación constante con la evapotranspiración. Para la distribución mensual de la evaporación, fue usada la distribución de la estación Alajuela.

Los datos de la estación Alajuela no fueron usados directamente, pues sólo se contó con un año de mediciones Piché y valores esporádicos de tanque tipo A. Además, se constató que dichos datos no eran consistentes con los regionales.

No se tuvieron disponibles datos adicionales de evaporación en la estación Alajuela. Los datos usados por TAMS, comparados con los valores de lluvia media mensual también utilizados en esa simulación, se dan a continuación:

| MES            | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J    | A    | S    | O     | N    | D     |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|
| EVAP.<br>(mm)  | 80.9  | 170.0 | 105.6 | 130.2 | 70.1  | 79.4  | 75.3 | 71.9 | 76.3 | 129.7 | 42.5 | 84.9  |
| LLUVIA<br>(mm) | 354.3 | 420.7 | 450.8 | 358.2 | 182.0 | 108.1 | 46.8 | 25.0 | 37.1 | 47.0  | 29.3 | 113.7 |

Conclusiones: Por las razones apuntadas, parece existir un alto grado de incertidumbre en las estimaciones de evaporación. Por otro lado, con excepción de diciembre, los valores medios de evaporación del período de verano son mayores que los promedios de lluvia, que más adelante se demuestra que producen volúmenes de agua significativos en relación con los aportes de caudal. Por lo tanto, estos volúmenes de evaporación también serán significativos. Quiere esto decir que es necesario considerar un factor de seguridad.

Recomendaciones: Como factor de seguridad, conviene mantener la hipótesis, es decir, usar los valores brutos en vez de los netos.

c) Lluvia como aporte directo sobre el embalse.

Hipótesis: La simulación de TAMS y simulaciones subsiguientes, consideran un aporte directo producido por la lluvia sobre el vaso de almacenamiento.

Discusión: En la Tabla 2 se presentan los valores de lluvia media mensual sobre el embalse usados por TAMS (1978), reducidos a m<sup>3</sup>/s, para un área de embalse de 130 km<sup>2</sup> (correspondiente a una elevación media de 67.5 metros sobre el nivel del mar). Se indica también el número de veces que dicho aporte fue mayor o igual al 30% y al 50% (en 32 años) de los aportes de caudal considerados en la simulación y que se adjuntan como Anexo 3.

Finalmente se incluyen los valores de lluvia reestimados por CEDEGE en 1984.



TABLA 2

COMPARACION DE VALORES DE LLUVIA USADOS EN SIMULACIONES ANTERIORES

| ITEM \ MES        | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J     | A     | S     | O     | N    | D      |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| mm (1978)         | 354.3 | 420.7 | 450.8 | 358.2 | 182.0 | 108.1 | 46.8  | 25.0  | 37.1  | 47.0  | 29.3 | 113.7  |
| $M^3 \times 10^6$ | 46.06 | 54.69 | 58.60 | 46.57 | 23.66 | 14.05 | 6.08  | 3.25  | 4.82  | 6.11  | 3.81 | 14.78  |
| $M^3/s$           | 17.20 | 22.61 | 21.88 | 17.97 | 8.83  | 5.42  | 2.27  | 1.21  | 1.86  | 2.28  | 1.47 | 5.52   |
| $(M^3/s)/0.5$     | 34.40 | 45.22 | 43.76 | 35.94 | 17.66 | 10.84 | 4.54  | 2.42  | 3.72  | 4.56  | 2.94 | 11.04  |
| Veces $\geq Q$    | 8     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0      |
| $(M^3/s)/0.3$     | 57.33 | 75.37 | 72.93 | 59.90 | 29.43 | 18.07 | 7.57  | 4.03  | 6.20  | 7.60  | 4.90 | 18.40  |
| Veces $\geq Q$    | 15    | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0    | 19     |
| mm (1984)         | 348.6 | 406.3 | 458.9 | 355.8 | 174.4 | 101.0 | 41.40 | 23.50 | 36.80 | 42.60 | 27.0 | 105.60 |

Q = Caudal (ver Anexo 3)

Es de notar que la lluvia anual considerada sobre el embalse, según la tabla 2, es de 2121.9 mm. Este es un valor muy similar a la lluvia media anual en la estación Pichilingue (2155.9), cuya localización se indica en la Figura 1.

Conclusiones: El aporte directo de lluvia sí es significativo en los meses de caudal bajo. Como se está considerando constante, ello le introduce un efecto regulador artificial a los aportes, reduciéndoles su variabilidad natural. Para mantener la variabilidad natural de los aportes y no contabilizar dos veces la lluvia, sería necesario generar trazas de lluvia correlacionadas con las trazas de caudal y restarle a los caudales el aporte del área cubierta por el embalse a la elevación correspondiente. Es decir, considerar el factor estocástico tanto en los caudales como en la lluvia, si es que ambos constituyen aportes de consideración. Sin embargo, debido a que el efecto de la lluvia es importante sólo en los meses de caudal bajo, si no se toma en consideración la lluvia constante como aporte, se estaría preservando más variabilidad de los caudales en los meses de caudal bajo y se estaría del lado de la seguridad en los meses de caudal alto. Ello no afectaría mucho los valores totales de aporte en dichos meses, ya que en ellos la mayor parte del mismo proviene de los caudales.

Los valores de lluvia recalculados por CEDEGE en 1984 a la luz de nuevos datos, no introducen variantes grandes y por lo tanto no afectan las conclusiones.

Recomendaciones: No considerar el aporte directo de la lluvia sobre el embalse, a menos que se disponga de las facilidades de computación adecuadas y oportunas, para contemplar la generación estocástica de lluvia correlacionada con caudales y evitar la doble contabilidad; y siempre que se compruebe en las simulaciones que ello tiene importancia para el proyecto.

d) Tendencia declinante de la lluvia media anual.

Hipótesis: A pesar que los datos de las estaciones meteorológicas de Guayaquil, El Milagro, Babahoyo, Portoviejo, Pichilingue y Santo Domingo, indican una tendencia declinante en la lluvia media anual, se asumió que ésta no era cierta.

Discusión: Esta tendencia fue notada también y discutida en el informe del HRS de Wallingford (ver referencia 5 del Anexo 1). En dicho informe se presenta un análisis estadístico de la lluvia anual en la estación Pichilingue, concluyendo que la tendencia no es significativa estadísticamente.

Disponiéndose de datos adicionales, en esta oportunidad se repitió el análisis estadístico de la lluvia anual en Pichilingue, tanto con un modelo lineal como logarítmico, encontrándose en ambos casos un coeficiente de correlación lineal entre Y y X igual a -0.20, no variando de lo encontrado por el HRS (Y = lluvia anual; X = año). Planteando la hipótesis de que la pendiente de la línea definida por la ecuación del modelo es cero (es decir, que la línea es horizontal y por lo tanto no existe tendencia decreciente), se calculó la estadística t mediante la relación:

$$t = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}}$$

donde: r = coeficiente de correlación = - 0.20

N = años de registro = 37

se obtuvo t = - 1.21

Conclusiones: La estadística t<sub>p</sub> de Student para una prueba biextrema al 95% de P confianza con N-1 grados de libertad, es aproximadamente + 2.0. Siendo t < t<sub>p</sub>, se acepta la hipótesis de que la pendiente P es cero y por lo tanto, estadísticamente la tendencia decreciente no es significativa, lo que concuerda con resultados anteriores.

Recomendaciones: En el análisis de las series de tiempo a utilizar en las simulaciones, mantener la hipótesis que asume que no existe una tendencia declinante.

#### e) Caudales

Hipótesis: Para las simulaciones efectuadas por TAMS se usaron series de caudales en el sitio de la presa, cubriendo el período 1950-1975 (26 años). Para las simulaciones efectuadas por CEDEGE se amplió el período incluyendo desde 1950 a 1981 (32 años), considerando no sólo el aporte al sitio de presa, sino también los aportes de las intercuenas situadas aguas abajo de la presa. Dichos

caudales fueron considerados como una base adecuada para las simulaciones.

Discusión: Por razones de organización de la presentación, esta discusión se ha dividido en tres partes, las cuales se exponen a continuación:

i) Períodos de registro

Los períodos de registro disponibles en las estimaciones principales son los de la Tabla 3.

TABLA 3

PERIODOS DE REGISTRO DE LAS PRINCIPALES ESTACIONES HIDROMETRICAS.

| Estación (ver Fig. 1) | Río             | Registro |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Pichincha             | Daule           | 1968-81  |
| Balzar                | Daule           | 1965-81  |
| Capilla               | Daule           | 1963-81  |
| Vinces                | Vinces          | 1964-81  |
| Yurina                | Pula            | 1974-81  |
| Sitio de Presa        | Bachillero      | 1962-71  |
| A.J. Calle            | Estero Petrillo | 1963-75  |

Para obtener los registros 1950-75 y 1950-81 se procedió de la manera siguiente:

- Primero se extendió retrospectivamente la lluvia mensual de la cuenca estimada con datos a partir de 1963, mediante una correlación lineal múltiple entre la lluvia media mensual de la cuenca y la lluvia mensual de estaciones con largo registro, como Santo Domingo, Pichilingue, Babahoyo y Portoviejo. Así se obtuvo un registro de lluvia desde 1950. A continuación se extendieron retrospectivamente los registros de caudal, de la manera siguiente:
- Pichincha: los datos mensuales correspondientes a los años 1965 a 1977, mediante una

relación de áreas entre las cuencas de Pichincha y Balzar, así:

$$\frac{\text{Caudal mensual Pichincha}}{\text{Caudal mensual Balzar}} = \frac{\text{Area Pichincha}}{\text{Area Balzar}} = 0.816$$

Los datos mensuales correspondientes a los años 1963 a 1964, mediante un modelo determinístico de precipitación escorrentía; modelo que también se usó para obtener los datos mensuales correspondientes a los años 1950 a 1962, sólo que con la lluvia sintética. El modelo es el siguiente:

$$\begin{aligned} RO_{P,\tau} &= RD_{P,\tau} + RI_{P,\tau} \\ RI_{P,\tau} &= f_{\tau} (L_{P,\tau}, L_{P,\tau-1}, \dots, L_{P,\tau-n}) \\ L_{P,\tau} &= PR_{P,\tau} - RD_{P,\tau} \end{aligned}$$

Donde:

RO = escorrentía  
RD = escurrimiento directo  
RI = escurrimiento indirecto  
= función de L = función de (PR-RD)  
L = pérdidas  
PR = lluvia  
P = año  
 $\tau$  = mes

- Balzar: mediante el modelo precipitación escorrentía descrito anteriormente.
- Capilla: igual que Balzar
- Sitio de Presa Daule-Peripa: con los caudales de Pichincha, mediante una relación de sus áreas de drenaje, igual a 0.9317 Q Pichincha.
- Sitio La Toma (toma de agua potable para la Ciudad de Guayaquil): Se extrapolo retrospectivamente Pula en Yurima hasta 1964 con base en una relación de aforos simultáneos con Pula en Vinces. Se extrapolo retrospectivamente Pula en Yurima de 1963 a 1950 con base en una correlación lineal con Balzar (a su vez extendida a 1950 por relación de lluvia). Con esto se tuvo el aporte del Pula. Para el aporte del río Magro, (ver Figura 1), se extrapolo retrospectivamente

hasta 1950 el registro del río Bachillero en el sitio de presa mediante una correlación múltiple con la lluvia de Guayaquil. Los aportes del río Magro se obtuvieron entonces por relación de áreas entre la de este río en su confluencia con el Daule y la del río Bachillero (afluente del Magro) en el sitio de presa. Los aportes del Estero Petrillo de 1950 a 1962, se obtuvieron por correlación con los caudales extrapolados del río Bachillero en el sitio de presa. Finalmente, los aportes del Daule entre Capilla y La Toma, se estimaron sumando los aportes así estimados del Pula, Magro y Estero Petrillo.

Todas las correlaciones fueron lineales, sin considerar una variable aleatoria.

ii) Confiabilidad de los Datos

TAMS hizo una revisión minuciosa de los datos de caudal, tanto de la estación Pichincha como de Balzar y Capilla, encontrando algunas inconsistencias que fueron depuradas.

Hay algunas diferencias entre los caudales mensuales usados por TAMS en 1978 y los usados por CEDEGE en 1984, debido a revisiones posteriores. Por ejemplo, para el período 1968-75 las más notorias se indican en la Tabla 4.

TABLA 4

DIFERENCIAS ENTRE LOS CAUDALES USADOS EN 1978 Y EN 1984  
(M<sup>3</sup>/S)

PERIODO 1968-75

| FECHA | PICHINCHA |         | BALZAR  |         | CAPILLA |         |
|-------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | en 1978   | en 1984 | en 1978 | en 1984 | en 1978 | en 1984 |
| 6.69  |           |         | 317.1   | 301.8   |         |         |
| 1.70  |           |         | 65.6    | 72.1    |         |         |
| 4.70  |           |         |         |         | 1326.2  | 1226.2  |
| 1.71  | 57.5      | 55.0    | 58.1    | 59.0    |         |         |
| 8.71  |           |         |         |         | 29.9    | 29.0    |
| 10.71 |           |         | 18.4    | 16.4    |         |         |
| 3.72  | 650.6     | 653.3   |         |         |         |         |
| 6.72  | 505.6     | 498.4   | 557.4   | 543.6   |         |         |
| 12.72 | 115.0     | 116.6   |         |         |         |         |
| 5.73  | 585.5     | 537.4   |         |         |         |         |
| 9.73  | 26.8*     | 28.8*   |         |         |         |         |
| 2.74  | 341.4     | 353.3   | 405.0   | 412.1   | 405.6   | 445.5   |
| 4.74  |           |         |         |         | 110.6   | 121.6   |
| 6.74  | 41.7      | 40.2    |         |         |         |         |
| 12.74 |           |         | 24.8    | 29.0    |         |         |
| 1.75  |           |         | 365.0   | 369.3   |         |         |
| 3.75  | 628.9     | 585.0   |         |         |         |         |
|       | 586.0*    | 545.1*  |         |         |         |         |
| 4.75  | 689.4     | 700.3   |         |         |         |         |
| 12.75 | 26.3      | 28.0    |         |         |         |         |

\* Sitio de Presa Daule-Peripa

A pesar de ello, los cambios no se consideran significativos. Los caudales finalmente adoptados son los que se indican en los Anexos 4, 5 y 6. En Pichincha, algunos valores mensuales de los años 1965, 1966 y 1967 fueron estimados por correlación con Balzar. Igualmente, algunos datos diarios fueron estimados para completar el registro de Capilla.

Puede verse también en dichos anexos que en ciertos meses de verano, los caudales de una estación aguas abajo son menores que los reportados para una estación aguas arriba. Ello puede deberse a extracciones de agua en la zona, pero más que todo, se atribuye a dificultades de estimación de los caudales bajos. En efecto, en la visita a las estaciones hidrométricas se pudo comprobar que en aguas bajas, se forman pozas en la sección de aforo y según se indicó, estos se hacen por medio de canoa (en Pichincha, 80 m aguas abajo; en Balzar, 5 Km. aguas arriba; y en Capilla, 100 m. aguas arriba), ya que el cable-vía queda muy alto.

Esta dificultad se evidenció también al revisar las curvas de calibración, ya que en su parte baja no están bien definidas.

Por lo demás, las curvas de calibración de las estaciones no evidencian problemas significativos y las estaciones hidrométricas en términos generales parecen bien. Las cuatro estaciones visitadas (Pichincha, Balzar, Capilla y Vinces) poseen limnímetros bien instalados, limnigrafos y cablevía y parecen recibir buen mantenimiento. No fue posible revisar los limnigramas durante las visitas, ya que la llave la tiene el hidromensor, quien es el único que efectúa los aforos, medición de sedimentos y revisión del limnigrafo, con una frecuencia aproximada de 2 a 4 veces al mes en época lluviosa y una vez al mes en época seca.

El observador, que vive en el lugar, únicamente lee los limnímetros dos veces al día (7:00 y 18:00 horas). Tanto Pichincha como Balzar poseen limnímetros inclinados y en el gabinete, se hace la corrección de las lecturas. TAMS anotó ciertos errores debido a ello, que fueron corregidos.



La estación Capilla es afectada por las mareas y ello da origen a errores si no se hace la corrección debida. A ello puede deberse también la dispersión que se nota en los aforos de caudales bajos.

Los caudales medios del día se calculan con la ecuación de las curvas de calibración, usando el promedio de las dos lecturas diarias del limnómetro, revisando luego con el limnograma en el gabinete. Ello puede dar origen a que no se tome en cuenta el efecto de una crecida que ocurra entre 7:00 y 18:00 horas o entre 18:00 y 7:00 horas del día siguiente, aunque en época de caudales bajos ello no sucede.

Según los Ingenieros del Departamento de Hidrología de CEDEGE, la estación Capilla es la más confiable de las del Daule, debido al observador. También Pichincha y Balzar lo son hasta 1981, pero en 1982 y 1983 tuvieron problemas con los aparatos, que fueron quitados, así como con el observador de Pichincha.

La información del río Bachillero (usada en la integración de los caudales en la Toma) corresponde a una estación limnimétrica que fue suspendida. Una gran parte de los caudales son cero, aún en marzo y abril y prácticamente todo el período de verano no aporta caudal.

### iii) Relación de Caudales

La relación de caudales entre Pichincha y Balzar con base en las áreas de las respectivas cuencas, da  $Q_{\text{Pichincha}} = 0.816 Q_{\text{Balzar}}$ . Es la misma que obtuvo TAMS y se mantiene.

Se intentó el mismo procedimiento entre Pichincha y Capilla (ver Anexos 7 y 8), pero sin éxito, comprobándose que no existe relación de áreas ni de caudales anuales, que la relación lineal no parece muy buena a juzgar por los diagramas de dispersión de los Anexos 7 y 8; y que parece existir una tendencia para caudales bajos y otra para caudales altos.

Sin embargo, es interesante notar que el HRS (ver referencia 5 del Anexo 1) anota haber comprobado una correlación aceptable entre los caudales de La Capilla y la estación pluviométrica Pichilingue (incluida como Anexo 9).

Por otro lado, usando los datos de aforos simultáneos del Anexo 10, se tiene que para junio de 1984, el caudal promedio aforado en los días 20, 21 y 27 es de 70.03 M<sup>3</sup>/s en el río Daule en Capilla, 1.55 en el río Magro en las Cañas y 41.26 en el río Pula en Yurima. El caudal en La Toma sería la suma, o sea 112.84 m<sup>3</sup>/s, dando por lo tanto una relación Toma/Capilla, igual a 1.61. La relación de áreas da también un valor de 1.6105 (para el área hasta La Toma hay que considerar el Pula, cuya área no tributa en su totalidad hacia el Daule. Por lo tanto, la parte proporcional del área del Pula a considerar, se tomó igual a la relación entre los caudales medios anuales de los ríos Vinces en Vinces y Pula en Palizada; ver Figura 1).

En el Anexo 11 se ve que la relación 1.61 funciona para caudales hasta 150 m<sup>3</sup>/s, por lo que en una posición conservadora, para caudales mayores de 150 m<sup>3</sup>/s se adoptó la relación obtenida con los caudales de La Toma estimados previamente por CEDEGE (ver Anexo 11).

Conclusiones: En la interpretación de los resultados conviene tener en mente los problemas anotados en la discusión anterior. Sin embargo, a pesar de ellos y en términos generales, las estaciones principales (Pichincha, Balzar, Capilla y Vinces) se aprecian bien. Lo mismo puede decirse de las curvas de calibración de las estaciones, con excepción de las Zonas de caudales bajos, que es donde se aprecian problemas.

Por otro lado, la extrapolación retrospectiva de las series de caudales en las estaciones Pichincha, Balzar y Capilla, con base en relaciones determinísticas con la lluvia, no son adecuadas pues reducen la variabilidad natural de las series de caudales. La obtención de la serie sintética en el sitio La Toma, fue hecha a través de un procedimiento muy complejo y usando datos de varias estaciones de confiabilidad no congruente, también mediante relaciones lineales determinísticas.

Parece existir una relación lógica de áreas entre las subcuencas de la parte alta de la cuenca, (del sitio de presa Daule-Peripa aguas abajo hasta Balzar), la cual no se mantiene en la parte baja (aguas abajo de Balzar), lo cual era de esperarse debido al cambio de las condiciones hidrológicas de la cuenca.

Recomendaciones: Con base en lo anteriormente expuesto, se recomienda aplicar el modelo de generación bivariado que fuera convenido y que se describe más adelante, a las estaciones Pichincha y Capilla para el período concurrente 1965-81 (17 años). Luego, obtener las series estocásticas correlacionadas en dichas estaciones y obtener la serie en el sitio de presa, multiplicando los valores generados para Pichincha, por la relación de áreas 0.9317. Igualmente, obtener la serie en Balzar, multiplicando la serie generada en Pichincha, por la relación de áreas 1.2255.

Para obtener la serie generada en La Toma, se recomienda el siguiente procedimiento: para caudales en Capilla menores o iguales a 150 m<sup>3</sup>/s, obtener el caudal de La Toma, multiplicando el caudal de Capilla por 1.6105. Para caudales mayores a 150 m<sup>3</sup>/s en Capilla, obtener el caudal en La Toma, multiplicando el caudal de Capilla por 1.06 y sumando el factor constante 100.

En caso de aplicar el modelo bivariado a caudales y lluvia, hacerlo para Pichincha (caudales) y Pichilingue (lluvia), en caso se quiera generar lluvia como aporte al embalse. En este caso no podrían considerarse los aportes intercuenca aguas abajo de Balzar, ya que Capilla no podría generarse pues el modelo acepta sólo dos estaciones.

Otra posibilidad sería generar siempre caudales en Pichincha y en Capilla y aparte, generar lluvia en Pichilingue, aunque así las series de caudal y de lluvia no estarían correlacionadas.

Para poder tener series correlacionadas de caudal y de lluvia, sería necesario usar un modelo multivariado más complejo, para lo cual deberá contarse con el tiempo suficiente para desarrollo e implementación del modelo y con computador y acceso al mismo, adecuados.

#### f) Demandas de Energía

Hipótesis: Tanto en las simulaciones de TAMS como de CEDEGE, se especifica una demanda de potencia para cierta energía, que es la que se trata de satisfacer, sin generar en exceso de ella.

Discusión: Cuando hay agua suficiente, es posible generar por encima de esa potencia hasta llegar a la potencia instalada de la planta. Idealmente, podría optimizarse la operación del embalse para no bajar mucho su nivel generando en exceso y sacrificando así en un momento dado la generación requerida. En defecto de una definición de dicha política óptima, podría generarse turbinando los desbordes del embalse y los caudales en exceso de los requeridos para la potencia especificada, cuando los desfoces para los otros usos son mayores que los requeridos para potencia.

Conclusiones: Es posible incorporar al modelo de simulación, una generación secundaria, con base en los caudales de otros usos cuando estos son mayores que los de energía y con base en los desbordes.

Recomendaciones: Especificar en el modelo una potencia máxima de 130 MW y una potencia firme dada, para generar potencia o energía secundaria.

g) Demandas aguas abajo del embalse, además del riego

Hipótesis: El HRS (ver referencia 5 del Anexo 1) recomienda considerar las siguientes demandas constantes aguas abajo:

|   |                        |
|---|------------------------|
| Para control salino                           | 20 M <sup>3</sup> /s   |
| Para agua potable                             | 6.5 M <sup>3</sup> /s  |
| Para extracciones en el<br>Río Daule          | 8 M <sup>3</sup> /s    |
| Para extracciones y derivaciones del río Pula | 18 M <sup>3</sup> /s   |
| Total:  | 52.5 M <sup>3</sup> /s |

Discusión: Lo referente al control salino se trata más adelante.

Los 6.5 M<sup>3</sup>/s para agua potable, se refieren al requerimiento actual, el que aumentará hasta 12 M<sup>3</sup>/s para el año 2000.

Los 8 M<sup>3</sup>/s de extracciones en el río Daule, de acuerdo a CEDEGE, son los riegos actuales. Al construirse las obras de riego de las 17000 Ha., se reducirían a unos 4 M<sup>3</sup>/s y al estar ya incorporadas

las 50,000 Ha, desaparecerían.

Los 18 M<sup>3</sup>/s de extracciones del río Pula, de acuerdo a CEDEGE, no pertenecen al Pula sino al Vines ya que se hacen de los ríos El Salitre y Los Tintos, que vienen del Vines.

Conclusiones: Las extracciones indicadas, al parecer, quedarían cubiertas por el riego del proyecto.

Recomendaciones: No considerar adicionalmente los 18 M<sup>3</sup>/s de extracciones indicados por el HRS para el río Pula. Los 8 M<sup>3</sup>/s del Daule se pueden ir desfasando al implementar el riego.

#### h) Demandas de Riego Determinísticas

Hipótesis: Las simulaciones de TAMS y CEDEGE consideran demandas de riego determinísticas, ya que se basan en lluvias efectivas promedio para cada mes del año. Se considera que por regarse en los meses en que no llueve, no hay relación con el factor probabilístico de la lluvia.

Discusión: La lluvia utilizada para el cálculo de las demandas de riego fue la de la estación Guayaquil. En el Anexo 12 se dan los valores mensuales de lluvia de dicha estación, desde 1915 a 1983.

Para los requerimientos de riego, inicialmente se tomó el promedio mensual de los años 1963 a 1972 (lluvia efectiva = 0.8 lluvia total). Con esos valores y tomando como cero la lluvia efectiva en los meses de verano (julio a noviembre), solo se requería riego en esa época y no en invierno (enero a junio). Sin embargo, después se eliminaron los meses más lluviosos de ese período y entonces, requiriéndose siempre riego en los meses en que la lluvia se asumió cero, también se requería en los meses de invierno, como se indica en el Anexo 13. Puede verse también en dicho Anexo, que algunos requerimientos en algunos meses de invierno son mayores que algunos de verano. Ello se debe a la distribución del ciclo vegetativo de las plantas.

Conclusiones: La lluvia mensual, como se ve en el Anexo 12, es muy variable año a año. Como se ve en el Anexo 13, las demandas de riego dependen de la lluvia y por lo tanto, son estocásticas.

Recomendaciones: Para considerar demandas de riego estocásticas, idealmente debiera usarse un modelo de generación multivariado, como se indica en las recomendaciones del punto 4.1, e), si se dispusiera del tiempo, computador y acceso al mismo, adecuados. Una aproximación podría ser generar bivariado caudales en Pichincha y lluvia en Guayaquil y univariado en Capilla; o bien bivariado caudales en Pichincha y Capilla y univariado lluvia en Guayaquil. Sin embargo, al hacerlo así se pierde la correlación entre demandas y caudales, que es importante.

Por las limitaciones apuntadas, se recomienda considerar las demandas mensuales pero incluyendo un factor de variabilidad. Este factor podría consistir en usar para el cálculo de las demandas de riego, no la lluvia media mensual, sino la lluvia media menos una desviación estándar.

#### 4.2 Modelo de Generación de Caudales

Se montó un modelo de generación de caudales bivariado, que es un modelo simplificado lineal markoviano de primer orden, con variación mensual en los promedios, desviaciones estándar y sesgo. Utiliza un sólo coeficiente generalizado de autocorrelación de primer orden y de correlación cruzada de orden cero; una distribución Pearson III (Gama de 3 parámetros). Este modelo, si bien simplificado, se considera adecuado para las limitaciones de tiempo, facilidades de computación y acceso al computador encontradas al inicio de la consultoría. Permite generar trazas de caudales correlacionadas con desfase cero en dos estaciones, o bien trazas independientes en dos o en una estación.

Además, se entregó al programador de CEDEGE un listado del modelo multivariado de Matalas (1)<sup>1]</sup> y un ejemplo de entrada y salida de datos, para su instalación cuando se considere oportuno y se cuente con las facilidades de cómputo adecuadas.

El modelo simplificado bivariado que fue montado fue adaptado de la referencia (2) y consta de dos partes, programadas separadamente. La primera efectúa el análisis de las series de caudal y calcula sus parámetros. La segunda, que fue incorporada al modelo de simulación de embalses de

---

1] El número entre paréntesis indica la referencia.

CEDEGE, efectúa la generación de trazas en el número y de la longitud que se le indiquen, con base en los parámetros calculados por la primera parte. A continuación se describen ambos procedimientos.

a) Análisis

i) El modelo básico es:

$$Q_{p\tau} = m_{\tau} + S_{\tau} X_{p\tau} \text{ para cada estación}$$

Donde  $Q_{p\tau}$  = caudal en el año  $p$ , mes  $\tau$

$m_{\tau}$  = promedio del mes  $\tau$

$S_{\tau}$  = desviación estándar del mes  $\tau$

$p$  = 1, 2, ..... N años

$\tau$  = 1, 2, ..... M meses ( $M = 12$ )

ii) El primer paso consiste en calcular los promedios, desviaciones estándar y coeficientes de sesgo en cada estación, y escribirlas:

$$m_{\tau} = \left[ \sum_{p=1}^N Q_{p\tau} \right] \frac{1}{N} \quad \text{promedio}$$

$$S_{\tau} = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{p=1}^N (Q_{p\tau} - m_{\tau})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{desviación estándar}$$

$$G_{\tau} = \frac{\sum_{p=1}^N (Q_{p\tau} - m_{\tau})^3}{S_{\tau}^3 (N-1)(N-2)} \quad \text{coeficiente de sesgo}$$

Luego procede sucesivamente a:

iii) Calcular la serie de variables estandarizadas para cada estación:

$$EPS_{p\tau} = \frac{Q_{p\tau} - m_{\tau}}{S_{\tau}}$$

y asume que su distribución es Pearson III con promedio cero y varianza unitaria.

- iv) Transformarla en variables de distribución  $N(0,1)$  mediante la relación aproximada de Sammons (3):

$$GPS_{p,\tau} = (6/G_{\tau}) [((G_{\tau} EPS_{p,\tau}/2)+1)^{1/3}-1] + (G_{\tau}/6)$$

y la convierte en una serie única:

$$GPS_t = GPS_{p,\tau}$$

donde  $t = 1, 2, \dots (NM)$

- v) Calcular el coeficiente de autocorrelación de primer orden para cada estimación, y lo escribe:

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{NM-1} GPS_t GPS_{t+1} - \frac{1}{(NM-1)} \left( \sum_{t=1}^{NM-1} GPS_t \right) \left( \sum_{t=1}^{NM-1} GPS_{t+1} \right)}{\left[ \sum_{t=1}^{NM-1} (GPS_t)^2 - \frac{1}{NM-1} \left( \sum_{t=1}^{NM-1} GPS_t \right)^2 \right]^{1/2} \left[ \sum_{t=1}^{NM-1} (GPS_{t+1})^2 - \frac{1}{NM-1} \left( \sum_{t=1}^{NM-1} GPS_{t+1} \right)^2 \right]^{1/2}}$$

- vi) Calcular la componente aleatoria para cada estimación:

$$E2_t = \frac{GPS_t - r_1 (GPS_{t-1})}{[1-r_1^2]^{1/2}}$$

y asume que es independiente de distribución  $N(0,1)$ . Verifica que así sea, calculando el correlograma con desfases de 1 a 10 y sus límites de confianza al 95%, y calculando su promedio y varianza. Al verificarse define  $E1_t = E2_t$ , independiente de distribución  $N(0,1)$

- vii) Calcular para ambas estaciones, la matriz de correlación cruzada de desfase cero, y escribirla:

$$MO = \begin{pmatrix} r_{o11} & r_{o12} \\ r_{o21} & r_{o22} \end{pmatrix}$$

donde:

$$r_{oij} = \frac{\sum_{t=1}^{N'} (E1_t^{(i)} - \bar{E1}_t^{(i)}) (E1_t^{(j)} - \bar{E1}_t^{(j)})}{\left[ \sum_{t=1}^{N'} (E1_t^{(i)} - \bar{E1}_t^{(i)})^2 \sum_{t=1}^{N'} (E1_t^{(j)} - \bar{E1}_t^{(j)})^2 \right]^{1/2}}$$



... N' = período concurrente de las estaciones i,j.

viii) Calcular para ambas estimaciones, la matriz B y escribirla:

$$B = \begin{pmatrix} b^{11} & 0 \\ b^{21} & b^{22} \end{pmatrix}$$

Donde:  $b^{ij} = r_o^{ji} / b^{ij}$  para  $j = 1; i = 1,2$

$$b^{ij} = [r_o^{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} (b^{ik})^2]^{1/2}$$

para  $j = 2; i = j$

$$b^{ij} = [r_o^{ji} - \sum_{k=1}^{j-i} b^{jk} b^{ik}] \div b^{jj}$$

para  $j=2; i=1$

ix) Verificar que  $BB^t = MO$

#### b) Generación

El modelo procede secuencialmente a:

- i) Generar para cada estación la variable independiente en tiempo y espacio  $E_t$ , de distribución  $N(0,1)$ .
- ii) Transformarla en  $N(0,1)$  independiente en tiempo pero dependiente en espacio:

$$El_t = BE_t$$

donde El es el vector  $\begin{pmatrix} El_t^{(1)} \\ El_t^{(2)} \end{pmatrix}$

B es la matriz  $\begin{pmatrix} b^{11} & b^{12} \\ b^{21} & b^{22} \end{pmatrix}$

$E_t$  es el vector  $\begin{pmatrix} E_t^{(1)} \\ E_t^{(2)} \end{pmatrix}$

y (1) y (2) se refieren a las estaciones 1 y 2, respectivamente.

- iii). Transformarla en autocorrelacionada con desfase uno para cada estación, de distribución  $N(0,1)$ :

$$GPS_t = r_1(GPS_{t-1}) + [1-r_1^2]^{\frac{1}{2}} E2_t$$

y convertirla en una serie de doble índice:

$$GPS_{p\tau} = GPS_t, \text{ donde } \begin{cases} t = 1, 2, \dots NM \\ p = 1, 2, \dots N \\ \tau = 1, 2, \dots M \quad (M=12) \end{cases}$$

- iv) Convertirla en variable de distribución Pearson III de promedio cero y varianzá uno:

$$EPS_{p\tau} = \left\{ [(G_\tau/6)(GPS_{p\tau} - (G_\tau/6)) + 1]^3 - 1 \right\} (2/G_\tau)$$

- v) Convertirla en caudal:

$$Q_{p\tau} = EPS_{p\tau} S_\tau + m_\tau$$

donde  $p = 1, 2 \dots N$  años

$\tau = 1, 2, \dots M$  ( $M=12$  meses)

## 5. RETORNOS DE RIEGO

Se revisó la información respecto a los supuestos sobre retornos de riego hechos para las simulaciones efectuadas por CEDEGE en 1984, con los siguientes resultados.

Hipótesis: Primero se asumió un volumen de retorno igual al 30% del requerimiento de riego y posteriormente, se bajó al 20%.

Discusión: El 30% inicial fue asumido con base en los porcentajes promedio de retorno citados en la literatura técnica universal; y el 20% fue asumido luego con base en porcentajes citados por literatura de Venezuela y en estimaciones de otras zonas de riego del Ecuador, que no tienen el mismo sistema de riego requerido para el cultivo del arroz, que es el cultivo mayoritario en el proyecto.

En cuanto al 30%, efectivamente McGauhey (4) indica que el promedio en los estados del oeste de EEUU se considera en aproximadamente 33% del agua derivada (entre 33 y 40% para ser más preciso), aunque existe gran variabili-

dad y en casos particulares puede estar entre 20 y 60%. Estos flujos de retorno están formados tanto por el agua que retorna directamente por los canales de drenaje, como por parte del agua que se infiltra en el suelo y por los desbordes de los canales de conducción.

El flujo que retorna por los canales de drenaje está integrado en parte por agua aplicada en exceso y en parte por el agua necesaria para el lavado de los suelos ("leaching"). Si sólo se aplicara el volumen justo para el uso consuntivo de las plantas más el necesario para el lavado del suelo, el flujo de retorno puede estimarse mediante la siguiente relación (5):

$$D_{dw} = \left( \frac{EC_{iw}}{EC_{dw} - EC_{iw}} \right) R \cdot ef.$$

Donde: R = lámina de agua derivada para riego

ef. = eficiencia total

$D_{dw}$  = lámina de agua drenada (retornos)

$EC_{dw}$  = Conductividad eléctrica en el retorno

$EC_{iw}$  = Conductividad eléctrica en el agua derivada

Para el caso presente, el valor máximo de conductividad eléctrica registrado en la estación Capilla es 0.3 mmhos/cm a 25°C y por ser el arroz un cultivo resistente a la salinidad, podría asumirse que la concentración salina máxima a ser lavada podría llegar a 8 mmhos/cm a 25°C.

Como CEDEGE está derivando el doble del volumen requerido para el uso consuntivo (asumiendo una eficiencia total del 50%), con estos datos resultaría un retorno del 2% de la cantidad derivada.

Sin embargo, como también hay otros cultivos y como los datos de calidad del agua son puntuales y la variable es aleatoria, parecería más prudente asumir 4 mmhos/cm a 25°C como la concentración salina máxima que pueden resistir los cultivos y 1 mmho/cm a 25°C como la conductividad del agua de riego. Si así fuera, el flujo de retorno sería de alrededor de 17% el volumen derivado. Bajo estas premisas, el 30% y el 20% asumidos estarían correctos.

Sin embargo, se está considerando agua en exceso y no sólo el requerimiento del uso consuntivo más el agua

de lavado, por lo que es de esperarse un mayor retorno. Según UNESCO(10) "aún proyectos bien capitalizados, que utilizan equipo moderno, tienden a aplicar agua en exceso, a veces con resultados desastrosos". De acuerdo al Instituto Internacional para Reclamo y Mejoramiento de Tierras (ILRI) de Holanda (6), el flujo de retorno en esas condiciones puede estimarse de la siguiente manera:

$$DA = \left( \frac{1}{ec \ ea} - 1 \right) U$$

Donde: ec = eficiencia de conducción

$$ea = \text{eficiencia de aplicación} = \frac{1}{(1+\alpha)(1+\beta)}$$

$\alpha$  = coeficiente entre 0.1 y 0.2 en zona semi-húmeda.

$\beta$  = coeficiente entre 0.2 y 0.3 para riego en tableros planos.

U = Uso consuntivo

DA = Agua de retorno

En el caso presente, la eficiencia de conducción es 80% y el coeficiente  $\alpha$  puede estimarse de la figura 11, pág. 128 de la referencia (6), como 0.1 para una eficiencia de lavado del 50%, plantas tolerantes y una conductividad específica del agua de riego aproximadamente igual a 0.5 mmhos/cm a 25°C. El coeficiente  $\alpha$  puede estimarse igual a su valor máximo de 0.3 y el uso consuntivo, como la mitad del agua derivada R.

Con estos valores, la eficiencia de aplicación da 0.699 y el agua de retorno da 0.39 R, o sea aproximadamente un 40% del agua derivada.

Es interesante notar que la eficiencia de aplicación, calculada según los valores estimados por CEDEGE como un promedio ponderado de las eficiencias para arroz (43000 Ha, eficiencia 0.7) y para otros cultivos (7000 Ha, eficiencia 0.6), da un valor de 0.69. Es también interesante notar que, multiplicando las dos eficiencias, se obtiene una eficiencia total de 55%, muy cercana al 50% asumido.

Conclusiones: Valores del 20 ó 30% como flujo de retorno serían adecuados bajo condiciones muy controladas de aplicación. En las condiciones del proyecto, se considera más adecuado adoptar un 40%.

Recomendaciones: Adoptar, como volumen de retorno del proyecto de riego, un 40% del agua derivada.

## 6. CALIDAD DEL AGUA

El aspecto de calidad del agua se ha dividido en tres partes: la referente a la calidad del agua que sale del embalse, la referente a los volúmenes de dilución requeridos para los retornos de riego, a fin de garantizar agua adecuada para el consumo de la Ciudad de Guayaquil, y la referente a los volúmenes necesarios para evitar la intrusión salina en la Toma, causada por las mareas.

### 6.1 Calidad de agua que sale del Embalse

Hipótesis: El agua que sale del embalse y/o llega abajo no tendrá características objeccionales para los usos aguas abajo.

Discusión: Lo anterior se asevera con confianza. Sin embargo, se pudo detectar en algunos sectores técnicos de Guayaquil ajenos a CEDEGE, una cierta preocupación por el riesgo de que en el embalse Daule-Peripa puedan producirse condiciones de eutroficación extremas <sup>11</sup>, similares a las producidas en el embalse Poza Honda; o que en el embalse La Esperanza que recibirá un supuesto trasvase del Daule-Peripa, pueda suceder lo mismo. En este segundo caso, sin embargo, parece ser que las condiciones proclives a ello se encuentran aledañas al embalse y no necesitarían el efecto del Daule-Peripa.

Para el Daule-Peripa, el Plan de Conservación Ambiental (referencia 21 del Anexo 1) indica que existen condiciones favorables para que se produzca este proceso, como lo indican con los siguientes datos de potencial de eutroficación:

| Fuente                              | Fosfatos mg/l |
|-------------------------------------|---------------|
| Aguas dulces europeas               | 0.001 - 0.015 |
| Ríos forestados (EEUU)              | 0.060 - 0.300 |
| Lagos (EEUU)                        | 0.030 - 0.120 |
| Lagos Africanos (Kenya)             | 0.003 - 0.030 |
| Tributarios de Poza Honda (Ecuador) | 0.28 - 0.46   |
| Ríos Daule-Peripa                   | 0.13 - 0.17   |

11] La eutroficación es el incremento desmedido de unas pocas especies de algas, causando mantos flotantes y descomposición de materia orgánica, con el consiguiente agotamiento del oxígeno del agua y la creación de condiciones sépticas objeccionales.

Por ello, el Plan propone un proyecto de investigación de la calidad del agua cuyo costo fue estimado en aproximadamente US \$105,000 anuales, cuya primera etapa concluiría en 1989 y tendría actividades de monitoreo y control indefinidas. Dicho plan también plantea la limpieza de la vegetación en el vaso de almacenamiento y, aunque no se indica el costo del programa, se indica que las especies forestales tienen un valor económico, del cual podrían recuperarse alrededor de US \$300,000 mediante el aprovechamiento de parte de la población forestal. También plantea un proyecto de experimentación para el control de malezas acuáticas, cuyo costo estimado es de aproximadamente US \$113,000, incluyendo dos años de experimentación y dos años de control para una primera fase.

Conclusiones: El potencial de eutroficación existe, pero no hay suficiente información como para poder asegurarlo ni prever su cronología.

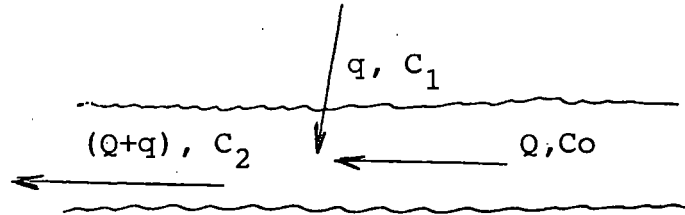
Recomendaciones: Este aspecto, aunque quizás no sea el más crítico, no debe por ello ignorarse y conveniría hacer los estudios necesarios para definirlo con mayor precisión, así como los programas de eliminación de la vegetación y control de malezas acuáticas. Hasta entonces podrá evaluarse si la hipótesis planteada es o no válida.

## 6.2 Volúmenes de Dilución requeridos para los Retornos de Riego.

Hipótesis: En las simulaciones efectuadas por CEDEGE, inicialmente se consideraron 3 volúmenes por cada volumen de retorno y luego se bajaron a 2.

Discusión: La hipótesis fue planteada con base en una revisión de normas internacionales, las cuales varían mucho. Por ejemplo, las de Venezuela indican 3 volúmenes, las rusas 12 volúmenes y las alemanas 80 volúmenes, a decir de CEDEGE (no fueron mostradas). Por ello se adoptó 3 y más adelante, se bajó a 2 para disponer de mayor cantidad de agua para el trasvase Daule-Macul que fue planteado en etapas posteriores de desarrollo del proyecto.

Las normas de dilución para un país se plantean de acuerdo a las características del mismo y de acuerdo a la calidad de sus cuerpos de agua, por lo que conviene tener ésta en cuenta. En cualquier punto de contaminación, se puede plantear el siguiente balance de masas:



$$qC_1 + Q C_0 = (Q+q) C_2$$

Donde:  $Q$  = caudal del río

$C_0$  = concentración inicial de una sustancia en el río

$q$  = caudal del efluente contaminante

$C_1$  = concentración de la sustancia en el efluente contaminante.

$C_2$  = concentración de la sustancia en la mezcla aguas abajo

Si se hace  $Q = Vq$ , donde  $V$  es el número de volúmenes de dilución, se puede despejar  $V$  de la siguiente manera:

$$V = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0}$$

Así, para valores conocidos de  $C_0$  y  $C_1$  y para las concentraciones límites permisibles  $C_2$  de la sustancia, se puede calcular el volumen de dilución requerido. Sin embargo, como son varias sustancias a investigar, conviene mejor dar valores a  $V_1$ , calcular los correspondientes valores de  $C_2$  mediante  $C_2 = \frac{C_1 + VC_0}{V+1}$  y luego ver si se sobrepasan

los límites permisibles.

Para los límites, conviene distinguir los siguientes:

- Límite máximo aceptable (LMA): valor de la concentración de cualquier sustancia, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazada por los consumidores, aunque no necesariamente sea dañina para la salud.
- Límite máximo permisible (LMP): valor de la concentración de cualquier sustancia, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.

Para poder hacer lo indicado, es necesario conocer  $C_0$  y  $C_1$ . No existen suficientes datos de calidad del agua como para construir relaciones de caudal-concentración y luego transformarlas a curvas de frecuencia de concentración de las diversas sustancias. Sin embargo, existen datos puntuales para algunos años, la mayoría de los cuales no son críticos en cuanto a caudal, con excepción de los años 1974 y 1979. Considerando por lo tanto como  $C_0$  las concentraciones máximas medidas en la estación hidrométrica Capilla (o en su defecto en Pichincha, cuando ésta fue mayor), se elaboró la Tabla 5. No se tienen muchos datos de Boro, pero de acuerdo a CEDEGE, las concentraciones, son mínimas (de 0 a 0.07 ppm). Para estimar  $C_1$  el caso es más difícil, pues para ello no se cuenta con datos. Las sustancias críticas contaminantes en el caso del riego son sales y iones, dureza, sólidos disueltos y pesticidas y en menor grado, nutrientes como fósforo y nitrógeno. En un estudio en EEUU reportado por McGauhey (4), en que se asumió un 33% de flujo de retorno de riego, se esperaban concentraciones  $C_1$  de sales y iones 3 veces mayores, por cuanto el volumen del agua se reduciría 3 veces. Sin embargo, el incremento general fue mayor, siendo el mínimo de 5 veces y el máximo alrededor de 20, o sea, aproximadamente de 2 a 7 veces más que lo previsto. Ello fue atribuido a que el agua podría haber sido utilizada más de una vez, el flujo de retorno fue menor del 33%, o el agua disolvió sales contenidas en el suelo.

Para el caso presente, el flujo de retorno se está estimando en 40% y, aunque los suelos no son en general suelos salinos, el agua podría tomar algunas sustancias de ellos y además, el esquema de tomas de agua del proyecto de riego permite la posibilidad del re-uso del agua sucesivamente desde Colimes a Petrillo, en los meses más críticos de caudal bajo.

En las condiciones descritas y ante la incertidumbre de los datos, aunque en teoría las concentraciones aumentarían 2.5 veces (40% de flujo de retorno), se considera prudente asumir un valor mayor, como por ejemplo 4 veces más de lo previsto en teoría (en el estudio citado por McGauhey, el aumento fue de 2 a 7 veces. En cinco proyectos situados en Texas, Washington, California y Arkansas, el aumento de la dureza total después del riego osciló entre 4.1 y 7.5 veces (13)). Ello daría concentraciones  $C_1$  10 veces mayores que las  $C_0$  en los flujos de retorno.



TABLA 5

COMPARACIONES DE CALIDAD DEL AGUA  
SALINIDAD Y IONES

## a) VALORES MAXIMOS OBSERVADOS

| Sitio   | Cl <sup>-</sup> |       | SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> |       | Dureza<br>Total<br>mg/l | CE<br>μmho/cm<br>a 25°C | Na <sup>+</sup> |       | K <sup>+</sup> |                     | Mg <sup>++</sup> |       | Ca <sup>++</sup> |                     | %Na  | RAS  |
|---------|-----------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------|----------------|---------------------|------------------|-------|------------------|---------------------|------|------|
|         | mg/l            | meq/l | mg/l                         | meq/l |                         |                         | mg/l            | meq/l | mg/l           | meq/l               | mg/l             | meq/l | mg/l             | meq/l               |      |      |
| Capilla | 8.0             | 0.23  | 24                           | 0.5   | 100                     | 270                     | 19              | 0.83  | 3.9*           | 0.1*                | 10.5*            | 0.88* | 26.6             | 1.33                | 27.3 | 0.79 |
| Toma    | 401.15          | 11.3  |                              | 1.20  |                         | 1230                    |                 |       |                | 8.87 <sup>(2)</sup> |                  |       |                  | 3.47 <sup>(1)</sup> |      |      |

NOTAS: % Na = (Na x 100)/(Na + Ca + Mg) ; en meq./l ; \* = valor en Pichincha

RAS = Na/[½(Ca + mg)]<sup>½</sup> ; en meq./l (1) = Ca + Mg

(2) = Na + K

b) CONCENTRACION C<sub>2</sub> EN LA MEZCLA AGUAS ABAJO, EN LAS MISMAS UNIDADES QUE EN a)

Primera linea: con 3 vols. de dilución : C<sub>2</sub> = (C<sub>1</sub> + 3 Co)/4

Segunda linea: con 5 vols. de dilución : C<sub>2</sub> = (C<sub>1</sub> + 5 Co)/6

Tercera linea: con 10 vols. de dilución: C<sub>2</sub> = (C<sub>1</sub> + 10 Co)/11

Co = Concentración en Capilla

| C <sub>1</sub> = |    |      |     |      |     |      |     |      |    |      |    |      |     |      |      |      |
|------------------|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|----|------|----|------|-----|------|------|------|
| 5 Co             | 16 | 0.45 | 48  | 1.0  | 200 | 540  | 38  | 1.70 | 8  | 0.21 | 21 | 1.75 | 53  | 2.65 | 27.9 | 1.15 |
|                  | 13 | 0.37 | 40  | 0.83 | 167 | 450  | 32  | 1.39 | 7  | 0.18 | 18 | 1.50 | 44  | 2.20 | 27.3 | 1.02 |
|                  | 11 | 0.31 | 33  | 0.69 | 136 | 368  | 26  | 1.13 | 5  | 0.13 | 14 | 1.17 | 36  | 1.80 | 27.6 | 0.93 |
| 10 Co            | 26 | 0.73 | 78  | 1.63 | 325 | 878  | 62  | 2.70 | 13 | 0.33 | 34 | 2.83 | 86  | 4.30 | 27.5 | 1.43 |
|                  | 20 | 0.56 | 60  | 1.25 | 250 | 675  | 48  | 2.09 | 10 | 0.26 | 26 | 2.17 | 67  | 3.35 | 27.5 | 1.26 |
|                  | 15 | 0.42 | 44  | 0.92 | 182 | 491  | 35  | 1.52 | 7  | 0.18 | 19 | 1.58 | 48  | 2.40 | 27.6 | 1.08 |
| 12 Co            | 30 | 0.85 | 90  | 1.88 | 375 | 1013 | 72  | 3.13 | 15 | 0.38 | 39 | 3.25 | 100 | 5.00 | 27.5 | 1.54 |
|                  | 23 | 0.65 | 68  | 1.42 | 283 | 765  | 54  | 2.35 | 11 | 0.28 | 30 | 2.50 | 75  | 3.75 | 27.3 | 1.33 |
|                  | 16 | 0.45 | 48  | 1.0  | 200 | 540  | 38  | 1.65 | 9  | 0.23 | 21 | 1.75 | 53  | 2.65 | 27.3 | 1.11 |
| 20 Co            | 46 | 1.30 | 138 | 2.88 | 575 | 1553 | 109 | 4.74 | 22 | 0.56 | 60 | 5.0  | 153 | 7.65 | 27.3 | 1.88 |
|                  | 33 | 0.93 | 100 | 2.08 | 417 | 1125 | 79  | 3.43 | 16 | 0.41 | 44 | 3.67 | 111 | 5.55 | 27.1 | 1.60 |
|                  | 22 | 0.62 | 65  | 1.35 | 273 | 736  | 52  | 2.26 | 11 | 0.28 | 29 | 2.42 | 73  | 3.65 | 27.1 | 1.30 |

## c) CONCENTRACIONES LIMITES EN p.p.m. δ μmhos/cm a 25°C. SEGUN EL CASO

|   | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> | Dur. Tot. | CE μmhos/cm | Mg <sup>++</sup> | Ca <sup>++</sup> | % Na     | RAS      |
|---|-----------------|------------------------------|-----------|-------------|------------------|------------------|----------|----------|
| 1 | 200 (600)       | 200 (400)                    | 100 (500) | I < 500     |                  | 50 (150)         | 75 (200) |          |
| 2 | 200 (600)       | 200 (400)                    | 100 (500) | < 1000      |                  |                  |          |          |
| 3 | 200 (600)       | 200 (400)                    | 100 (500) | II 500      |                  | 30 (150)         | 75 (200) |          |
| 4 | I < 2-5.5 meq/l | I < 4.10 meq/l               |           | -3000       |                  |                  |          | I < 30%  |
|   | II 2-16 "       | II 4-20 "                    |           | III >       |                  |                  |          | 2: 10-18 |
|   | III > 6-16 "    | III > 12-20 "                |           | 2500-3000   |                  |                  |          | 3: 18-26 |
|   |                 |                              |           |             |                  |                  |          | 4: > 26  |

TABLA 5 (continuación)

- 1 = Guatemala LMA (LMP)
- 2 = Venezuela LMA (LMP)
- 3 = OMS LMA (LMP)
- 4 = Resumen de clasificación de Aguas de Riego (referencia 9)

Clase I : excelente a buena; o adecuada para la mayoría de plantas en la mayoría de casos;

Clase II : buena a objeccionable; o dañina para algunas plantas bajo ciertas condiciones de suelo, clima y prácticas agrícolas;

Clase III: objeccionable a perjudicial; o no satisfactoria en la mayoría de condiciones.

Peligro de sodio:

1 bajo S 1

2 medio S 2

3 alto S 3

4 muy alto S 4

Con estos supuestos se terminó de elaborar la Tabla 5 para 3,5 y 10 volúmenes de dilución.

El caso de los pesticidas es diferente, ya que no se tienen mayores datos fuera de unos análisis hechos por EMAP-G en la Toma y de una tesis de grado elaborada sobre el proyecto de riego Babahoyo (ver referencia 14 del Anexo 1). Respecto a los datos de la Toma, éstos se refieren a análisis efectuados en EEUU con muestras enviadas bajo refrigeración, por lo que existen algunas opiniones que señalan alguna incertidumbre.

Igualmente hay opiniones que señalan las incertidumbres involucradas en una tesis de grado. Al respecto, vale la pena indicar que en dicha tesis se tomaron muestras en la toma del proyecto, en la bomba de salida y en el canal de salida. La única muestra que tiene datos de los tres puntos simultáneamente es la del 24-03-80 para Aldrin, como se muestra en la Tabla 6.

TABLA 6

CONCENTRACIONES DE ALDRIN EN p.p.b. <sup>1]</sup>

PROYECTO BABAHOYO

| Fecha   | Toma  | Bomba Salida | Canal Drenaje |
|---------|-------|--------------|---------------|
| 21.2.80 | -     | 277.78       | -             |
| 24.3.80 | 22.78 | 54.44        | 32.22         |
| 19.3.80 | -     | -            | 22.22         |

En los EEUU, la American Chemical Society (7) reporta los resultados obtenidos en aguas de retorno de un proyecto de riego de arroz (USDA Rice Experimental Station, cerca de Stuttgart, Arkansas), de aproximadamente 68000 Ha. Dichos resultados indican que de un total combinado teórico posible de 140 ppb de Aldrin más Dieldrin, sólo se detectaron 1.3 ppb. De acuerdo a ello, los resultados de Babahoyo (aproximadamente 12000 Ha) están altos. Sin embargo, el resultado teórico posible reportado en el proyecto de Arkansas sí sería comparable.

---

1] p.p.b. = partes por billón =  $\mu\text{g}/\ell$

La EPA y el Departamento de Agricultura de los EEUU indican en un reporte (11) que "las concentraciones de pesticidas que abandonan los campos tratados en el agua de escorrentía y en los sedimentos durante la estación de cultivos, después de su aplicación, son casi siempre medibles, de manera que existen pocas dudas de que la agricultura sí contribuye a los residuos de pesticidas encontrados en el ecosistema acuático general. Tanto las concentraciones como las cantidades brutas perdidas dependen de numerosos factores, incluyendo entre otros la intensidad de lluvia, el momento después de la aplicación, en que ocurre la escorrentía, y el modo de aplicarlos". El Anexo 18, tomado de la referencia (11), da concentraciones características de pesticidas en la escorrentía, las cuales en general "están considerablemente por encima de las normas de agua potable y deben diluirse substancialmente en las corrientes de drenaje para evitar efectos dañinos agudos". (11).

Los valores encontrados en Babahoyo son comparables a las concentraciones máximas de los insecticidas clorinados reportados en el Anexo 18, por ejemplo para Dieldrin con una tasa de aplicación de 5 lbs/Acre, que es comparable a lo que se espera en el proyecto para algunos productos, según la referencia 21 del Anexo 1.

Con tasas de aplicación más altas, de 22 kg/Ha, en el valle de San Joaquín en California, se encontraron concentraciones de clorinados en el agua de retorno, entre 5 y 132 p.p.b. (13).

Debido a ello y a que el único muestreo en los 3 puntos en Babahoyo es el del 24.3.80, se ha asumido dicha concentración en la salida (32.22 ppb) como indicativo de los valores críticos que podrían encontrarse, descartando el más alto reportado para el 21.2.80. En la Tabla 7 se ha tomado 32.22 como indicativo de los valores críticos de  $C_1$  y los valores de La Toma, como indicativos de  $C_0$ .

Con los valores de  $C_0$  y  $C_1$  indicados, tanto en la Tabla 5 como en la Tabla 7 se han calculado las concentraciones  $C_2$  usando 3, 5 y 10 volúmenes de dilución.

Conclusiones: Analizando la Tabla 5, puede verse que con excepción de la conductividad específica y la dureza total (y por consiguiente el Calcio y Magnesio), no existe mayor problema con las concentraciones considerando 3, 5 ó 10 volúmenes de di-

lución, combinados con  $C_1 = 5, 10, 12$  ó  $20$  veces Co. En cuanto al Magnesio, se excede el LMA de 50 ppm una vez, pero no el LMP de 150 ppm. En cuanto al Calcio, se excede el LMA de 75 ppm en algunos casos, pero no el LMP de 200 ppm. El caso de la dureza es similar, aunque se excede el LMP de 500 ppm sólo para el caso de 3 volúmenes de dilución y  $C_1 = 20$  Co.

Sin embargo, aumentaría por encima de las aproximadamente 100 ppm que actualmente tiene, lo que no sería del todo negativo excepto talvez para la fábrica de cerveza, ya que un agua un tanto más dura que la actual evitaría la corrosión que actualmente se produce en las tuberías. En el caso de la fábrica de cerveza, EMAP-G ha indicado que actualmente ya se ha producido aumento de dureza y que en esos casos, se ha autorizado a la fábrica a llevar agua de otro sitio. Es más, las durezas que se obtendrán son compatibles con la dureza que tendría el agua subterránea que EMAP-G bombearía del sector Este, según el Plan Maestro de Agua Potable, que llega a 200 y más ppm (referencia 19 del Anexo 1), por lo que este factor no se considera crítico.

La salinidad, reflejada por la conductividad específica, sólo parece causar problemas si se consideran los casos extremos de  $C_1 = 12$  ó  $20$  Co y especialmente en este último caso, que mermaría el cultivo del frijol en la Península de Santa Elena.

De acuerdo a la Tabla 5, la salinidad y los iones no parecen por lo tanto ser el factor crítico. Sin embargo la Tabla 7 indica otra cosa para el caso de los pesticidas. Aunque algunos técnicos dudan de la validez de extrapolar los datos de Babahoyo al Daule y aunque tanto los valores de Lindano como de Dieldrin estarían bajo el LMA y el Heptacloro, aún sobrepasando el LMA, no llegaría el LMP, el caso crítico es el Aldrin y no hay otros datos. Para este pesticida, con 3 volúmenes de dilución se estaría justo en el LMP, lo que es peligroso. Tomando 5 volúmenes habría ya cierto margen de error, pero tomando 10 volúmenes, la mejoría no es tanta como para cubrir el LMA.

Recomendaciones: Hasta tener datos más precisos, se recomienda hacer un análisis de sensibilidad del esquema básico dinámico para 3 y 5 volúmenes de dilución.

TABLA 7

## COMPARACIONES DE CALIDAD DEL AGUA (PESTICIDAS)

| a) VALORES MAXIMOS OBSERVADOS EN ppb (Referencias 14 y 29 Anexo 1)     |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
|--|--------------|---------|-------------|------------|--------|--------|----------|----------|--------|----------|------------|-------|----------|-------|
| Sitio  | $\alpha$ BHC | Lindano | $\beta$ BHC | Heptacloro | Aldrin | Endrin | Dieldrin | Clordano | PP'DDE | Toxafeno | Metocyclor | 2,4-D | 2-4-5-TP | DDT   |
| Canal retorno Babahoyo   | 15.56        | 0.56    |             | 1.39       | 32.22  |        | 0.83     | +        |        |          |            |       |          |       |
| Venturi entrada Planta La Toma   |              | < 0.08  |             | <0.02      | <0.03  | <0.01  | <0.05    |          |        | <1.76    | <0.67      | <0.03 | <0.02    | <0.14 |
| b) CONCENTRACION C <sub>2</sub> EN LA MEZCLA AGUAS ABAJO               |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| Primera linea: con 3 vols. de dilución: $C_2 = (C_1 + 3 C_0)/4$        |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| Segunda linea: con 5 vols. de dilución: $C_2 = (C_1 + 5 C_0)/6$        |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| Tercera linea: con 10 vols. de dilución: $C_2 = (C_1 + 10 C_0)/11$     |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| $C_0$ = concentración en Capilla, asumida igual a la de La Toma        |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| $C_1$ = concentración en retorno, asumida igual al retorno de Babahoyo |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
|  |              | 0.20    |             | 0.36       | 8.1    |        | 0.25     |          |        |          |            |       |          |       |
|  |              | 0.16    |             | 0.25       | 5.4    |        | 0.18     |          |        |          |            |       |          |       |
|  |              | 0.12    |             | 0.14       | 3.0    |        | 0.12     |          |        |          |            |       |          |       |
| c) CONCENTRACIONES LIMITES EN p.p.b.                                   |              |         |             |            |        |        |          |          |        |          |            |       |          |       |
| Guatemala  | LMA          | 4.0     |             | 0.1        | 1.0    | 0.2    | 1.0      | 3.0      |        |          |            |       |          |       |
|  | LMP          | 56.0    |             | 18.0       | 17.0   | 1.0    | 17.0     | 3.0      |        |          |            |       |          |       |
| Venezuela  | LMP          | 50.0    |             | 10.0       | 8.0    | 1.5    | 8.0      | 8.0      |        |          |            |       |          |       |
| FW PCA11   | LMP          | 56.0    |             | 18.0       | 17.0   | 1.0    | 17.0     | 3.0      |        |          |            |       |          |       |

1) Federal Water Pollution Control Association; EEUU.

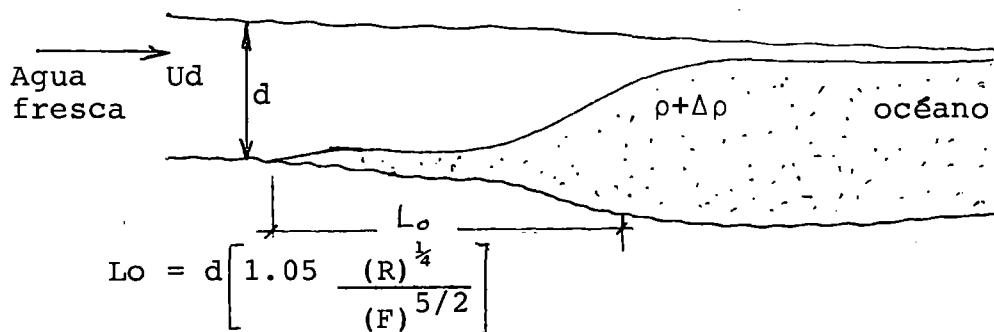
### 6.3. Intrusión Salina

Hipótesis: Para evitar la intrusión salina a la Toma, se necesita un caudal constante de 20 m<sup>3</sup>/s.

Discusión: La hipótesis está sustentada primero, por la referencia 15 y luego por la 16, ambas del Anexo 1. En la primera, el Ing. Ordóñez realizó correlaciones caudal-concentración de cloruros en la Toma. Adoptando un límite máximo de cloruros de 250 mg/l y un factor de variaciones horarias igual a 4.4, obtuvo una concentración correspondiente de 57 mg/l en el río. Esta concentración, según la correlación efectuada, se da para 19 m<sup>3</sup>/s.

En la referencia 16, el HRS aplicó un modelo matemático para predecir la distancia de la intrusión salina, cuyas condiciones de aplicación tuvieron que ser simplificadas debido a la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo. La simplificación principal consistió en considerar el estuario de dos tributarios, como dos estuarios cada uno con un sólo cañal (el río Babahoyo y el Guayas; y el río Daule y el Guayas). El resultado obtenido fue que con 20 m<sup>3</sup>/s de agua fresca, se evita la intrusión salina hasta La Toma, aún con las derivaciones de 6.5 m<sup>3</sup>/s para agua potable.

Los resultados anteriores pueden ser dependientes de la salinidad. Por ejemplo, para un caso simplificado de un estuario estratificado, se tiene (8):



$$R = \frac{d}{v} \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho} g d}$$

$$F = \frac{Ud}{\sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho} g d}}$$

$$Ud \approx 0.2 \sqrt{\frac{\Delta \rho}{\rho} g d}$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} \approx 0.77 \times 10^{-3} \Delta S \text{ (normalmente)}$$

Donde:  $L_o$  = distancia de la intrusión de agua del océano

$d$  = profundidad del canal

$\nu$  = viscosidad cinemática

$\rho$  = densidad

$g$  = aceleración de la gravedad

$U_d$  = velocidad del agua

$\Delta S$  = diferencia de salinidad entre la superficie y el fondo

Según lo anterior, una diferencia menor entre la salinidad de la superficie y el fondo disminuiría la distancia de la intrusión de agua del océano en un estuario estratificado. Sin embargo, el HRS (referencia 16 del Anexo 1) señala que en el Guayas es de esperarse la estratificación en épocas de mucho caudal, mientras que en períodos muy secos se comporta como un estuario bien mezclado. Por lo tanto, el movimiento salino está también influenciado por otros factores, entre ellos la difusión causada por el movimiento de las mareas, que trata de ecualizar la variación entre las concentraciones salinas. El modelo del HRS utiliza un coeficiente de difusión longitudinal que, en cierta forma, aumenta al aumentar la salinidad del agua fresca.

Conclusiones: La hipótesis sólo puede ser evaluada mediante la aplicación de un modelo que considere todos los factores importantes que intervienen en el proceso. Con base en los métodos utilizados para plantearla, no se encontró razón aparente para dudar de ella. El único elemento de duda consiste en la magnitud del efecto que tendría un incremento de la salinidad del agua dulce, de entre 2 y 3 veces, que podría producirse como consecuencia de los retornos de riego (incremento que tendría también que verificarse).

Recomendaciones: Posteriormente al tener más datos y aplicando un modelo de calidad del agua en el estuario, convendría evaluar este efecto del incremento de salinidad en el agua dulce, si es que se produce.



## 7. BENEFICIOS Y COSTOS RELACIONADOS CON AGUA POTABLE

Siendo uno de los propósitos del proyecto el de asegurar el suministro de agua potable a la Ciudad de Guayaquil, es necesario considerar los beneficios y los costos que, en relación a dicho suministro, puedan esperarse. Desde luego, estos beneficios y costos tienen que evaluarse considerando las situaciones que pueden preverse con y sin el proyecto, lo cual es bastante difícil ya que están relacionados con aspectos de calidad del agua que, como se desprende del capítulo 6, son bastante difíciles de evaluar actualmente por falta de información y necesitarían estudios más detallados. Sin embargo, con la información disponible, es posible hacer algunas consideraciones generales que permiten tener una idea de la magnitud de estos valores, aunque éstos sean considerados como casos extremos. Es importante no perder de vista lo anteriormente expuesto, para considerar en su justa dimensión lo que a continuación se expone.

Hipótesis: Los beneficios atribuibles al proyecto relacionados con agua potable, constituyen la diferencia entre los costos de la mejor alternativa con el proyecto Daule-Peripa y la mejor alternativa sin el proyecto, lo cual da un monto de 683.4 millones de Sucres (1979) que al cambio de 1979 representan aproximadamente 28 millones de dólares americanos.

Discusión: La discusión se dividirá en dos partes, una relacionada con los beneficios y otra relacionada con los costos.

### a) Beneficios

El Plan Maestro de Agua Potable (referencia 19 del Anexo 1), identificó cuatro opciones, dos de ellas considerando sólo el río Daule, una combinando con agua subterránea y una sólo a base de agua subterránea. En las que consideran el Daule, se asumió su regulación mediante la presa, la cual fue supuesta como construida. Se recomendó la alternativa que incluye uso conjunto del río Daule y de agua subterránea (alternativa 4).

| Alternativas   | Costo (millones de<br>Sucres de 1979) |
|--|---------------------------------------|
| 1. Sólo Daule  | 1,839.65                              |
| 2. Sólo Daule  | 1,766.33                              |
| 3. Sólo agua subterránea                                       | 2,449.73                              |
| 4. Combinación Daule-agua subt.<br>(referencia 20 del Anexo 1) | 2,045.21                              |

El mismo Plan Maestro indica que ya para 1985, sin la regulación de la presa, habría una probabilidad de alrededor de 20% de que no se pudiera satisfacer la demanda de 6 M<sup>3</sup>/s, probabilidad que aumentaría con el bombeo incontrolado de riego. Es evidente que a partir del momento actual y en forma creciente, cualquier uso del Daule necesita de la regulación del proyecto Daule-Peripa. Los beneficios del proyecto, sin embargo, ocurrirían a partir del momento en que éste inicie su operación.

Por otro lado, actualmente EMAP-G utiliza tratamiento para evitar la corrosión en las tuberías, ya que el agua es suave. En una reciente cotización, se ofrecieron los químicos a un costo de US \$190 por funda de 20Kg., o sea US \$3800/Ton. Siendo que EMAP-G utilizaría 120 Ton/año, el costo anual de dicho tratamiento sería US \$456,000.

Si aumenta la dureza por las aguas de retorno de riego (aún llenándose los requerimientos de 5 volúmenes de dilución), dicho costo sería un beneficio adicional del proyecto. Sin embargo, si se usa la alternativa más económica sin el Daule (que es la 3), el agua subterránea produciría el mismo efecto ya que es de dureza comparable, por lo que el beneficio marginal en este caso es cero.

#### b) Costos

Los efectos del proyecto podrían causar también costos marginales, relacionados con la calidad del agua.

- i) El primer efecto se refiere a la eutrofización. En Manabí, los costos del tratamiento de agua por efectos del embalse Poza Honda (aeración, remoción de olores, etc.), según estimaciones aproximadas, se ha duplicado respecto al tratamiento convencional que originalmente se habría considerado. Según datos de EMAP-G (referencia 31 del Anexo 1), los costos actuales del tratamiento (enero a abril 1984) son del orden de US \$577,300 para una producción (en el mismo período) de 41 millones de metros cúbicos. Lo anterior da aproximadamente US \$1.8 millones anuales. Si se duplicara el costo, se tendría un incremento de US \$1.8 millones anuales para la producción actual y de US \$5.4 millones anuales para la producción estimada en el año 2000 (3 veces la actual).

Sin embargo, lo anterior es en el supuesto que se requiriera ese tratamiento adicional todo el año.

Los resultados de la simulación (ver punto 9.3, b), vii)) indican sin embargo, una alta frecuencia de extracciones del embalse (entre 88 y 98%), por lo que usando un factor de 95%, los costos anteriores se reducirían a alrededor de US \$1.7 millones y 5.0 millones anuales, respectivamente.

Por otro lado, ello es en el supuesto que se produzca la eutrofización y que, aún produciéndose, la autopurificación del río durante su trayecto entre la presa y La Toma, no fuera suficiente para estabilizarla.

- ii) El segundo efecto se refiere a los pesticidas. Según la referencia 14 del Anexo 1, el carbón activado resultó efectivo para la remoción de pesticidas. Las pruebas se hicieron en el rango de aproximadamente 1 nanógramo de contaminante adsorbido por Mg de carbón, a aproximadamente 80 ng/mg. Si se tuviera una concentración, por ejemplo de Aldrin, del orden de 30 ppb durante 5% del tiempo (ver punto 9.3.b), vi)) y se quisiera reducirla a la mitad para no sobrepasar el LMP (ver Tabla 7), se necesitarían (asumiendo una adsorción de 80 ng/mg):

Pesticida a remover: 15 ppb = 0.015 Mg/l

Carbón activado necesario:  $0.015/8 \times 10^{-5} \approx 188$  Mg de carbón por litro.

EMAP-G ha indicado un costo del carbón activado de US \$ 1400/Ton. puesta en Guayaquil, lo que da aproximadamente US \$  $1.4 \times 10^{-6}$ /mg. Para una producción actual de 340,000 M<sup>3</sup>/día y una dosificación de 188 mg/l de carbón durante 5% del tiempo, se tendría un costo de alrededor de:  $188 \text{ mg/l} \times 340,000,000 \text{ l/día} \times 18 \text{ días} \times 1.4 \times 10^{-6} \text{ $/mg} \approx \text{US \$ } 1.6 \text{ millones/año}$ . Si la frecuencia fuera del 2% (caso 12, ver punto 9.3.b), vi)), el costo sería alrededor de US \$ 0.62 millones/año. Es claro que en este momento, no se puede asegurar cual sería la concentración de pesticidas, el tipo de éstos, la dosificación de carbón activado, ni durante cuanto tiempo tendría que darse el tratamiento. Sin embargo, los valores anteriores dan una idea de la magnitud del problema que podría presentarse. No debe desestimarse tampoco que el tratamiento convencional puede remover parte de los pesticidas. En una serie de pruebas, por ejemplo, eliminó menos del 10% del lindano, 20% del Paratión, 55% del Dieldrin, 63% del 2,4,5-T y 98% del DDT(12).

Los costos de inversión para el tratamiento se consideran bajos (alrededor de un 5% de las inversiones necesarias para ampliar la planta de potabilización), puesto que la planta de La Toma fue originalmente diseñada para aplicar carbón activado, aunque posteriormente se modificó. Para el año 2000 en que la producción es 3 veces más, el costo anterior se triplicaría.

c) Alternativa del Pula

Se ha mencionado también, que una forma de obviar los problemas de calidad del agua para agua potable que podría ocasionar el proyecto de riego, sería suministrar los caudales para Guayaquil, a través del Pula en vez del Daule, mediante el trasvase Daule-Macul.

De tomar agua del Pula, EMAP-G tendría que construir obras permanentes de toma y conducción sub-fluvial bajo el Daule. Como consecuencia de un incremento de salinidad causado por condiciones muy críticas de caudal en 1979, EMA-G se vió obligada a construir obras temporales, consistentes en un tape provisional en el Pula, un canal de desfogue y tape provisional en el mismo para evacuar crecidas, un canal de conducción de aproximadamente 1.9 kms. y una tubería sub-fluvial de aproximadamente 250 m. Los tapes en el río fueron destruidos en 1982, pues hubo gran caudal y subió demasiado el nivel.

EMAP-G considera que volver a construirlos, incluyendo su desmantelamiento posterior, costaría alrededor de US \$50,000. Hacer obras permanentes costaría entre 10 y 20 millones de dólares, según estimaciones gruesas de EMAP-G. Además, habría que evaluar los problemas que podrían suscitarse con la inundación de tierras por el aumento del nivel del agua y tomarlos en debida consideración.

No se dispuso de datos adicionales de costos relacionados con esta alternativa.

Conclusiones: La hipótesis parece correcta en cuanto a los beneficios atribuibles al proyecto. Sin embargo, podrían también aparecer costos, los cuales tendrían el siguiente orden de magnitud, asumiendo que los problemas severos de calidad aparecen y lo hacen durante los porcentajes del tiempo antes indicados:

| Origen        | Costos anuales, en US \$ millones |             |
|---------------|-----------------------------------|-------------|
|               | Actualmente                       | En año 2000 |
| Pesticidas    | 0.60-1.6                          | 4.8         |
| Eutrofización | 1.7                               | 5.00        |

No se contó con mayores datos para la alternativa del Pula.

Recomendaciones: Sin contar con datos precisos, es imposible prever la magnitud de los problemas de calidad de agua que podrían aparecer y la recomendación obvia va dirigida hacia obtener dicha información. Mientras tanto, los valores aproximados que se han presentado dan una idea de la magnitud que podría tener el problema. Conviene también estudiar con mayor detalle la alternativa del Pula para efectos comparativos.

#### 8. SIMULACION DE LA OPERACION DEL EMBALSE

8.1 Hipótesis: Las simulaciones efectuadas de operación del embalse, reflejan las condiciones críticas de operación del proyecto.

8.2 Discusión: Tanto las simulaciones de TAMS como las efectuadas posteriormente, se hicieron con base en las series históricas extrapoladas retrospectivamente mediante correlaciones determinísticas con la lluvia. Este hecho, unido a la consideración de aportes medios mensuales de lluvia directos sobre el embalse (que en algunos meses llegan a ser hasta un 30% del aporte total) y la consideración de demandas determinísticas de riego con base en lluvias medias mensuales, causa una disminución en la variabilidad natural de las condiciones de operación del embalse.

Por otro lado, el considerar 20% de retorno de riego y 2 volúmenes de dilución, unido a lo anterior, podría presentar una imagen que fuera muy optimista en relación a la imagen real.

8.3 Conclusiones: Es necesario efectuar simulaciones, que eliminen los factores que introducen un efecto de regulación artificial en la variabilidad natural (el régimen natural es muy variable).

Es necesario también introducir factores de seguridad, que permitan considerar las incertidumbres

actualmente presentes en los aspectos de calidad del agua.

- 8.4 Recomendaciones: Para lograr lo anterior, se recomienda con efecto inmediato efectuar simulaciones probabilísticas.

## 9. SIMULACION PROBABILISTICA

9.1 Descripción: Con los registros históricos (17 años), se generaron series mensuales en forma correlacionada, para las estaciones Pichincha y Capilla y con base en ellas, se obtuvieron las series de entrada al embalse y los aportes inter-cuenca aguas abajo, para 12 casos del esquema básico (energía, agua potable y control salino, y riego total del Daule), simulados con el programa de computador de CEDEGE. Los casos fueron los siguientes:

- a) Primer grupo: generación de 25 series mensuales de 30 años cada una, considerando como potencia máxima la potencia firme requerida indicada en cada caso. Las otras demandas fueron las mismas de los cuadros 5, 7 y 13 de la referencia 11 del Anexo 1.

Caso 1: Energía firme igual a 404 GW-H/año (valor indicado por el especialista del Banco), distribuida así: 65% en los meses de noviembre a febrero (90 MW de potencia continua) y 35% en los meses de marzo a octubre (24 MW de potencia continua)<sup>1]</sup>. Se consideró aporte directo de lluvia sobre el embalse y una dilución para riego de 2 veces el 20% del volumen, incluida dentro de las demandas de riego. Se consideró también el trasvase a la península de Santa Elena.

Caso 2: Energía firme igual a 487 GW.h/año, (valor indicado por el especialista del Banco) distribuida así: el 65% en los meses de noviembre a febrero (108 MW de potencia continua) y 35% en los meses de marzo a octubre (29 MW de potencia continua). Se consideró aporte directo de lluvia sobre

<sup>1]</sup> Esta distribución es la óptima para Daule-Peripa en el sistema interconectado, según la ref. 22 Anexo 1.

el embalse y una dilución para riego de 2 veces el 20% del volumen, incluida dentro de las demandas de riego. Se consideró también el trasvase a la península de Santa Elena.

- Caso 3: Energía firme igual a 487 GW-h/año, distribuida de manera uniforme todo el año (55.5 MW de potencia continua). Se excluyó el aporte directo de la lluvia sobre el embalse y se consideraron 40% de retorno de riego con 5 volúmenes de dilución, incluidos como un requerimiento aparte.
- Caso 4: Igual que el caso 3, para energía firme igual a 404 GW-h/año (46 MW de potencia continua).
- Caso 5: Igual que el caso 3, para energía firme de 487 GW-h/año distribuida el 65% de noviembre a febrero y el 35% de marzo a octubre.
- Caso 6: Igual que el caso 5, para 404 GW-h/año de energía firme.
- Caso 7: Igual que el caso 3, más trasvase a la península de Santa Elena.
- Caso 8: Igual que 4, más trasvase a la península de Santa Elena.
- Caso 9: Igual que 5, más trasvase a la península de Santa Elena.
- Caso 10: Igual que 6, más trasvase a la península de Santa Elena.
- b) Segundo grupo (después de discutidos los resultados del primer grupo con funcionarios del Banco.): generación de 100 series mensuales de 15 años cada una (el año 15 representa el pleno desarrollo del proyecto), considerando como potencia máxima 130 MW y como potencia requerida la indicada en cada caso. Las demandas de riego son las del Anexo 13. En este grupo, a diferencia del anterior, se consideró que podría generarse por encima de la potencia firme (pero sin sobrepasar la máxima de 130 MW), cuando hubiera desbordes o cuando los requerimientos de otros usos fueran mayores que los de energía.

Los casos fueron los siguientes

Caso 11: Energía firme igual a 487 GW-h/año, distribuida el 65% en los meses de noviembre a febrero (108 MW de potencia continua) y 35% de marzo a octubre (29 MW de potencia continua). Se excluyó el aporte directo de la lluvia sobre el embalse y se consideraron 40% de retorno de riego con 5 volúmenes de dilución, incluidos como un requerimiento aparte.

Caso 12: Igual que 11, pero con 3 volúmenes de dilución.

9.2 Resultados: Los resultados de las simulaciones se dan en los Anexos 15, 16 y 17 que son las planillas de salida del computador, y en las tablas 8, 9 y 10. A continuación se describen estas planillas y tablas.

- a) Anexo 15: tiene los resultados del primer grupo, en la forma y secuencia siguientes, para cada uno de los 10 casos analizados.
  - i) Tabla "verificación de datos de entrada", con los caudales medios mensuales ( $m^3/s$ ) generados por el modelo en la Toma, para la primera traza, antes de las extracciones de agua potable.
  - ii) Tabla de valores totales en los 30 años de la primera traza.
  - iii) Se repiten i) y ii) para el resto de las 25 trazas.
  - iv) Histogramas de producción para el año 5, correspondientes a (en ese orden): potencia (MW), agua potable y salinidad ( $M^3/s$ ), riego del Daule ( $M^3/s$ ), dilución de los flujos de retorno de riego ( $M^3/s$ ), y trasvase a la península de Santa Elena ( $M^3/s$ ). Cuando uno de los usos (dilución por aparte o el trasvase a la península de Santa Elena) no es considerado en un caso, éste se omite pero se mantiene el orden relativo de los demás. Estos histogramas indican, para agua potable, riego, dilución y trasvase, el caudal servido por el embalse para satisfacer el requerimiento de cada uso, después de utilizarse



para el mismo fin los aportes de las intercuencas situadas entre el embalse y el respectivo punto de demanda. La información contenida en los histogramas es la siguiente: primero, cada uno de los valores producidos en cada una de las trazas (25 en total), en orden ascendente. Luego una fila de 8 números, los primeros 5 de los cuales son contadores internos del programa, el sexto es el mes al cual corresponden los resultados (en este caso noviembre), el séptimo es el año (5) y el último, el número de trazas (25). Después aparecen columnas que respectivamente indiquen el límite superior del intervalo (en MW o  $M^3/s$ , según el caso), el número de casos menores o iguales al límite superior del intervalo, la frecuencia acumulada absoluta y la frecuencia acumulada en porcentaje.

- v) Histogramas de déficit (requerido menos producido) para el año 5, correspondientes a los mismos usos y en el mismo orden que se indica en iv).
  - vi) Se repite iv) y v) para el año 10.
  - vii) Se repite iv) y v) para el año 15.
  - viii) Se repiten los puntos ii) a vii) para cada uno de los restantes casos del primer grupo (10 casos en total).
- b) Tabla 8: Esta tabla resume los resultados obtenidos del Anexo 15. En la primera columna se identifica el caso y sus condiciones, en la segunda los usos considerados y en las siguientes se dan, respectivamente: el valor esperado de la generación (MW) para los años 5, 10 y 15; el valor esperado de los déficit (MW ó  $M^3/s$ , según el caso) para los años 5, 10 y 15; y el número de veces en que hubo cada déficit en las 25 veces, para los años 5, 10 y 15; todo correspondiente al mes de noviembre.
- c) Anexo 16: Tiene los resultados del caso 11, en forma y secuencia siguientes:
- i) Tabla "verificación de datos de entrada", con los caudales medios mensuales ( $m^3/s$ ) generados por el modelo en La Toma, para

la primera traza, antes de las extracciones de agua potable.

- ii) Tabla con los resultados detallados de la operación de embalse del año 10, para cada uno de los meses (enero a diciembre), correspondiente a la primera traza. Para cada mes hay dos renglones: en el primero se indica el valor de lo producido y en el segundo el déficit. Los valores incluidos en las columnas bajo el acápite general de "demandas", son los suministrados por el embalse para complementar los aportes de las cuencas (situadas entre el embalse y el punto de demanda) en la satisfacción de cada demanda. Los déficit son lo requerido, menos lo producido (total). Bajo el acápite "TMANABI", se dan los valores de la dilución requerida para los retornos de riego, considerada como una demanda separada.
  - iii) Tabla de valores totales y promedio en los 15 años de la primera traza. Incluye la generación media anual de esa traza.
  - iv) Se repiten i) a iii) para el resto de las 100 trazas.
  - v) Histograma de producción para el año 5, en la misma forma que se describe en el punto a) iv) para el Anexo 16, sólo que para 100 trazas en vez de 25 y comenzando por el mes de enero.
  - vi) Histogramas de déficit para el mes de enero del año 5, correspondientes a los mismos usos y en el mismo orden.
  - vii) Se repiten v) y vi) para cada uno de los otros meses, hasta diciembre.
  - viii) Se repiten v), vi) y vii) para los años 10 y 15.
- d) Anexo 17: Tiene los resultados del caso 12, en la forma y secuencia siguientes:
- i) Tabla de caudales medios mensuales, como se describe en el punto c)i) para el Anexo 16, para la primera traza.

- ii) Tablas con el resto de datos de entrada (completos), entre los que están al final: demandas mensuales en  $M^3/s$  para cada uno de los 15 años, correspondientes en su orden a: agua potable y control salino, riego, dilución de los retornos de riego (identificada como "D.T.MAN"), Santa Elena (como cero), Macul (como cero) y total.
- iii) Tabla con los resultados detallados de la operación del embalse del año 10 correspondiente a la primera traza, tal como se describe en el punto c) ii) para el Anexo 16.
- iv) Tabla de valores totales y promedio en los 15 años de la primera traza. Incluye la generación media anual de esa traza.
- v) Se repiten iii) y iv) para el resto de las 100 trazas.
- vi) Se repiten los puntos v) a vii) del inciso c), correspondientes al Anexo 16.
- e) Tabla 9: Resume los resultados obtenidos en los Anexos 16 y 17, indicando el valor esperado para cada mes de los años 5, 10 y 15 (en 100 trazas). En lo relativo a potencia, el primer renglón es el valor esperado de la producción y el segundo, el valor esperado del déficit en MW. En los demás usos sólo se indica el valor esperado del déficit en  $M^3/s$ .
- f) Tabla 10: Es similar a la Tabla 9, sólo que da el número de déficit (en 100 trazas) ocurridos en cada mes para cada uso, indicando el rango de magnitud de los déficit para los usos de agua potable-salinidad, riego y dilución.

### 9.3 Discusión:

Conviene indicar, antes de presentar la discusión sobre los resultados, que las secuencias de caudales generados para el caso 11, son distintas a las usadas en los casos 1 a 10 y 12. Igualmente, que el orden de prioridades para cubrir los diferentes usos del embalse, es el mismo utilizado por CEDEGE en las simulaciones de marzo de 1984 (referencia 11 del Anexo 1), es decir: abastecimiento de agua potable para Guayaquil, demandas de riego del Daule, demandas para dilución de riego, trasvase a la península de Santa Elena (cuando se

TABLA 8

SIMULACION. VALORES PARA EL MES DE NOVIEMBRE

| CASO  | USO  | Valor Esperado de Producción |       |       | Valor Esperado del Déficit |                               |                              | Número de Déficit en 25 veces |                  |                  |
|---|--|------------------------------|-------|-------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
|   |  | MW                           |       |       | MW ó m <sup>3</sup> /s     |                               |                              | Año 5                         | 10               | 15               |
|   |  | Año 5                        | 10    | 15    | Año 5                      | 10                            | 15                           |                               |                  |                  |
| 1. E. Firme 404 GW-H/Año<br>65% Nov-Feb. y 35% Mar-Oct.<br>Precipitación sobre embalse<br>Dilución: 20% retorno y 2 vols.<br>Dilución incluida en riego   | POTENCIA<br>A.POT.SAL.<br>RIEGO-DIL.<br>STA. ELENA | 90                           | 90    | 90    | 0<br>0<br>0<br>0           | 0<br>0<br>0<br>0              | 0<br>0<br>0<br>0             | 0<br>0<br>0<br>0              | 0<br>0<br>0<br>0 | 0<br>0<br>0<br>0 |
| 2. E. Firme 487 GW-H/Año<br>65% Nov-Feb. y 35% Mar-Oct.<br>Precipitación sobre embalse<br>Dilución: 20% retorno y 2 vols.<br>Dilución incluida en riego   | POTENCIA<br>A.POT.SAL.<br>RIEGO-DIL.<br>STA. ELENA | 104                          | 108   | 108   | 4<br>0<br>0<br>0           | 0<br>0<br>0<br>0              | 0<br>0<br>0<br>0             | 1<br>0<br>0<br>0              | 0<br>0<br>0<br>0 | 0<br>0<br>0<br>0 |
| 3. E. Firme 487 GW-H/Año; todo el año<br>Sin precipit. sobre embalse<br>Dilución: 40% retorno y 5 vols.<br>Dilución considerada aparte                    | POTENCIA<br>A.POT.SAL.<br>RIEGO<br>DILUCION        | 53.5                         | 50.5  | 45.64 | 2<br>0<br>0.07<br>0.61     | 5.0<br>0.36<br>0.52<br>1.05   | 9.86<br>2.10<br>2.27<br>4.54 | 1<br>0<br>1<br>1              | 3<br>1<br>1<br>1 | 5<br>4<br>4<br>4 |
| 4. E. Firme 404 GW-H/Año; todo el año<br>Sin precipit. sobre embalse<br>Dilución: 40% retorno y 5 vols.<br>Dilución considerada aparte                    | POTENCIA<br>A.POT.SAL.<br>RIEGO<br>DILUCION        | 44.34                        | 43.33 | 39.67 | 1.66<br>0<br>0.08<br>0.61  | 2.67<br>0.15<br>0.52<br>1.05  | 6.33<br>1.92<br>1.70<br>3.41 | 1<br>0<br>1<br>1              | 2<br>1<br>1<br>1 | 4<br>3<br>3<br>3 |
| 5. E. Firme 487 GW-H/Año<br>65% Nov-Feb. y 35% Mar-Oct.<br>Sin precipit. sobre embalse<br>Dilución: 40% retorno y 5 vols.<br>Dilución considerada aparte. | POTENCIA<br>A.POT.SAL.<br>RIEGO<br>DILUCION        | 103.86                       | 88.40 | 91.02 | 4.14<br>0<br>0.08<br>0.61  | 19.60<br>0.80<br>1.57<br>3.14 | 16.98<br>2.1<br>2.27<br>4.54 | 1<br>0<br>1<br>1              | 5<br>3<br>3<br>3 | 4<br>4<br>4<br>4 |

| CASO   | USO         | Valor Esperado de Producción |       |       | Valor Esperado del Déficit |       |       | Número de Déficit en 25 veces |    |    |
|--|-------------|------------------------------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------------------------------|----|----|
|  |             | MW                           |       |       | MW ó m <sup>3</sup> /s     |       |       | Año 5                         | 10 | 15 |
|  |             | Año 5                        | 10    | 15    | Año 5                      | 10    | 15    |                               |    |    |
| 6. E. Firme 404 GW-H/Año<br>65% Nov-Feb. y 35% Mar-Oct.<br>Sin precipit. sobre embalse<br>Dilución: 40% retorno y 5 vols.<br>Dilución considerada aparte | POTENCIA    | 86.85                        | 83.64 | 76.6  | 3.15                       | 6.36  | 13.4  | 1                             | 2  | 4  |
|  | A.POT.SAL.  |                              |       |       | 0                          | 0.39  | 1.92  | 0                             | 1  | 3  |
|  | RIEGO       |                              |       |       | 0                          | 0.52  | 1.70  | 0                             | 1  | 3  |
|  | DILUCION    |                              |       |       | 0                          | 1.05  | 3.41  | 0                             | 1  | 3  |
| 7. Igual que 3, más trasvase a<br>Península Santa Elena  | POTENCIA    | 53.5                         | 49.13 | 43.13 | 2.0                        | 6.37  | 12.37 | 1                             | 4  | 7  |
|  | A.POT.SAL.  |                              |       |       | 0                          | 0.36  | 2.07  | 0                             | 1  | 4  |
|  | RIEGO       |                              |       |       | 0.07                       | 0.52  | 2.27  | 1                             | 1  | 4  |
|  | DILUCION    |                              |       |       | 0.61                       | 1.05  | 4.54  | 1                             | 1  | 4  |
| 8. Igual que 4, más trasvase a<br>Península Santa Elena  | STA. ELENA  |                              |       |       | 0.04                       | 0.06  | 0.59  | 1                             | 1  | 4  |
|  | POTENCIA    | 44.34                        | 43.26 | 38.62 | 1.66                       | 2.74  | 7.38  | 1                             | 2  | 5  |
|  | A.POT.SAL.  |                              |       |       | 0                          | 0.39  | 1.89  | 0                             | 1  | 3  |
|  | RIEGO       |                              |       |       | 0.07                       | 0.52  | 1.7   | 1                             | 1  | 3  |
| 9. Igual que 5, más trasvase a<br>Península Santa Elena  | DILUCION    |                              |       |       | 0.61                       | 1.05  | 3.86  | 1                             | 1  | 4  |
|  | STA. ELENA  |                              |       |       | 0.04                       | 0.06  | 0.59  | 1                             | 1  | 4  |
|  | POTENCIA    | 103.86                       | 84.79 | 87.60 | 4.14                       | 23.21 | 20.40 | 1                             | 6  | 5  |
|  | A.POT.SAL.  |                              |       |       | 0                          | 0.76  | 2.07  | 0                             | 3  | 4  |
| 10. Igual que 6, más trasvase a<br>Península Santa Elena   | RIEGO       |                              |       |       | 0.08                       | 1.57  | 2.27  | 1                             | 3  | 4  |
|  | DILUCION    |                              |       |       | 0.61                       | 3.14  | 4.54  | 1                             | 3  | 4  |
|  | STA. ELENA  |                              |       |       | 0.04                       | 0.22  | 0.59  | 1                             | 3  | 4  |
|  | POTENCIA    | 88.85                        | 80.88 | 75.9  | 3.14                       | 9.12  | 14.1  | 1                             | 3  | 4  |
|  | A.POT.SAL.  |                              |       |       | 0                          | 0.38  | 2.1   | 0                             | 1  | 4  |
|  | RIEGO       |                              |       |       | 0                          | 0.52  | 2.27  | 0                             | 1  | 4  |
|  | DILUCION    |                              |       |       | 0                          | 1.20  | 4.54  | 0                             | 2  | 4  |
|  | SANTA ELENA |                              |       |       | 0                          | 0.14  | 0.59  | 0                             | 2  | 4  |

TABLA 9.

## SIMULACION. VALOR ESPERADO

| CASO | AÑO | PRODUCCION<br>y/o<br>DEFICIT DE    | E     | F      | M     | A     | M     | J     | J     | A      | S      | O     | N      | D      |
|------|-----|------------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 11   | 5   | POTENCIA<br>(MW)                   | 93.96 | 100.62 | 52.63 | 70.53 | 65.4  | 55.3  | 37.73 | 52.79  | 60.51  | 60.60 | 102.60 | 99.36  |
|      |     |                                    | 14.04 | 7.56   | 1.16  | 0.58  | 0.00  | 0.29  | 0.58  | 0.58   | 0.58   | 0.58  | 5.40   | 8.64   |
|      |     |                                    | 63.72 | 57.24  | 27.20 | 49.13 | 61.19 | 50.78 | 73.04 | 98.66  | 106.82 | 86.29 | 79.92  | 68.04  |
|      |     |                                    | 44.28 | 50.76  | 6.09  | 2.03  | 1.45  | 1.16  | 1.16  | 1.16   | 3.19   | 5.8   | 28.08  | 39.96  |
|      |     |                                    | 43.20 | 55.08  | 23.78 | 40.19 | 55.09 | 51.40 | 81.12 | 108.76 | 109.60 | 91.80 | 74.52  | 66.96  |
|      |     |                                    | 64.80 | 52.92  | 5.22  | 3.19  | 0.58  | 0.87  | 0.58  | 1.45   | 4.06   | 6.09  | 33.48  | 41.04  |
|      | 10  | A.POT.-SAL.<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.09   | 0.00   |
|      |     |                                    | 0.45  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.07   | 0.10   | 0.33  | 1.04   | 1.46   |
|      |     |                                    | 0.29  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.35   | 0.85  | 1.97   | 3.01   |
|      | 15  | RIEGO<br>(m <sup>3</sup> /s)       | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.18  | 0.08   | 0.14   |
|      |     |                                    | 0.29  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.70   | 1.77   | 3.46  | 1.34   | 3.17   |
|      |     |                                    | 0.14  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 2.27   | 8.17  | 2.38   | 5.05   |
|      | 15  | DILUCION<br>m <sup>3</sup> /s      | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.73  | 0.15   | 0.28   |
|      |     |                                    | 0.61  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.85  | 3.62   | 6.23   | 13.87 | 3.83   | 7.91   |
|      |     |                                    | 0.39  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2.17   | 11.38  | 22.36 | 5.36   | 12.10  |
| 12   | 5   | POTENCIA<br>(MW)                   | 96.12 | 101.30 | 56.52 | 73.23 | 72.94 | 56.51 | 36.26 | 38.71  | 46.94  | 46.46 | 105.84 | 102.60 |
|      |     |                                    | 11.88 | 7.56   | 0.29  | 0.58  | 0.00  | 0.00  | 0.58  | 0.58   | 0.58   | 0.58  | 2.16   | 5.4    |
|      |     |                                    | 73.44 | 77.76  | 33.13 | 57.24 | 66.02 | 51.67 | 52.94 | 74.16  | 86.80  | 75.02 | 90.72  | 84.24  |
|      |     |                                    | 34.56 | 30.24  | 3.77  | 1.45  | 0.58  | 0.29  | 0.87  | 0.87   | 1.45   | 2.61  | 17.28  | 23.76  |
|      |     |                                    | 68.04 | 68.04  | 27.67 | 50.43 | 62.25 | 53.06 | 57.44 | 83.47  | 96.29  | 78.67 | 89.64  | 78.84  |
|      |     |                                    | 39.96 | 39.96  | 3.19  | 1.74  | 0.29  | 0.58  | 0.29  | 0.58   | 1.45   | 4.06  | 18.36  | 29.16  |
|      | 10  | A.POT.-SAL.<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.07   | 0.00   |
|      |     |                                    | 0.26  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.07  | 0.32   | 0.67   |
|      |     |                                    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.38  | 0.79   | 1.42   |
|      | 15  | RIEGO<br>m <sup>3</sup> /s         | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.08   | 0.14   |
|      |     |                                    | 0.21  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.49   | 1.17   | 1.28  | 0.41   | 1.34   |
|      |     |                                    | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 1.15   | 1.52  | 0.85   | 2.60   |
|      | 15  | DILUCION<br>m <sup>3</sup> /s      | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.09   | 0.17   |
|      |     |                                    | 0.25  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.84   | 1.95   | 2.50  | 0.69   | 1.69   |
|      |     |                                    | 0.03  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 2.16   | 3.04  | 1.19   | 3.64   |

TABLA 10

SIMULACION. NUMERO DE DEFICIT EN 100 TRAZAS

| CASO | AÑO | VECES Y<br>RANGO DE<br>MAGNITUD<br>PARA     | E               | F  | M  | A  | M | J | J               | A                  | S                  | O                  | N                 | D                 |
|------|-----|---|-----------------|----|----|----|---|---|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 11   | 5   | ENERGIA<br>(veces)                          | 13              | 7  | 4  | 2  | 0 | 1 | 2               | 2                  | 2                  | 2                  | 5                 | 8                 |
|      | 10  |   | 41              | 47 | 21 | 7  | 5 | 4 | 4               | 4                  | 11                 | 20                 | 26                | 37                |
|      | 15  |   | 60              | 49 | 18 | 11 | 2 | 3 | 2               | 5                  | 14                 | 21                 | 31                | 38                |
|      | 5   | A.POT.SAL<br>(veces y<br>m <sup>3</sup> /s) | 0               | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 0                  | 0                  | 0                  | 1<br>(8.6)        | 1<br>(0.2)        |
|      | 10  |   | 7<br>(6.0-6.5)  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 1<br>(7.1)         | 1<br>(9.9)         | 3<br>(7.3-15.7)    | 8<br>(3.7-23.7)   | 9<br>(3.8-21.0)   |
|      | 15  |   | 3<br>(9.6-10.1) | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 0                  | 2<br>(17.7-17.7)   | 6<br>(6.3-24.8)    | 15<br>(2.4-23.2)  | 15<br>(3.3-28.7)  |
|      | 5   | RIEGO<br>Veces y<br>(m <sup>3</sup> /s)     | 0               | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 0                  | 0                  | 1<br>(17.8)        | 1<br>(7.6)        | 1<br>(13.9)       |
|      | 10  |   | 7<br>(4.1)      | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 1<br>(69.8)        | 3<br>(19.5-81.1)   | 6<br>(36.9-69.5)   | 13<br>(3.7-13.1)  | 5<br>(25.0-28.2)  |
|      | 15  |   | 4<br>(1.7-4.1)  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 0                  | 4<br>(14.6-89.8)   | 13<br>(2.5-76.0)   | 18<br>(4.1-14.2)  | 18<br>(1.4-31.3)  |
|      | 5   | DILUCION<br>veces y<br>(m <sup>3</sup> /s)  | 0               | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 0                  | 0                  | 1<br>(72.8)        | 1<br>(15.2)       | 1<br>(27.8)       |
|      | 10  |   | 10<br>(2.9-8.2) | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 2<br>(6.0-78.5) | 3<br>(93.7-139.6)  | 5<br>(47.4-162.2)  | 13<br>(20.5-139.0) | 17<br>(8.1-26.2)  | 16<br>(15.6-56.4) |
|      | 15  |   | 5<br>(5.8-8.2)  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0               | 2<br>(106.3-110.3) | 10<br>(19.4-179.6) | 17<br>(9.8-152.0)  | 19<br>(25.0-28.4) | 20<br>(31.4-62.6) |

| CASO | AÑO | VECES Y<br>RANGO DE<br>MAGNITUD<br>PARA    | E              | F  | M  | A | M | J | J | A           | S                | O                | N               | D                 |
|------|-----|--|----------------|----|----|---|---|---|---|-------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 12   | 5   | ENERGIA<br>(veces)                         | 11             | 7  | 1  | 2 | 0 | 0 | 2 | 2           | 2                | 2                | 2               | 5                 |
|      | 10  |  | 32             | 28 | 13 | 5 | 2 | 1 | 3 | 3           | 5                | 9                | 16              | 22                |
|      | 15  |  | 37             | 37 | 11 | 6 | 1 | 2 | 1 | 2           | 5                | 14               | 17              | 27                |
|      | 5   | A.POT.SAL<br>(6.0-6.5)                     | 0              | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0                | 0                | 1<br>(7.0)      | 1<br>(0.2)        |
|      | 10  |  | 5<br>(6.0-6.5) | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0                | 1<br>(7.4)       | 2<br>(9.1-23.3) | 4<br>(11.4-18.8)  |
|      | 15  |  | 0              | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0                | 2<br>(13.5-24.9) | 6<br>(2.9-20.8) | 7<br>(10.8-23.2)  |
|      | 5   | Veces y<br>(m <sup>3</sup> /s)             | 0              | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0                | 0                | 1<br>(7.6)      | 1<br>(13.9)       |
|      | 10  |  | 5<br>(4.1)     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1<br>(49.2) | 2<br>(40.3-76.5) | 2<br>(58.4-69.5) | 4<br>(7.1-13.1) | 5<br>(21.3-28.2)  |
|      | 15  |  | 0              | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 2<br>(33.6-81.6) | 2<br>(76.0)      | 7<br>(5.6-14.2) | 9<br>(19.7-31.3)  |
|      | 5   | DILUCION<br>veces y<br>(m <sup>3</sup> /s) | 0              | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 0                | 0                | 1<br>(9.1)      | 1<br>(16.7)       |
|      | 10  |  | 5<br>(4.9)     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 1<br>(83.8) | 2<br>(97.3-97.3) | 4<br>(38.6-83.4) | 5<br>(6.3-15.7) | 5<br>(33.8)       |
|      | 5   |  | 1<br>(2.8)     | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0           | 2<br>(107.8)     | 5<br>(27.3-91.2) | 7<br>(17.0)     | 10<br>(25.6-37.6) |



consideró), y generación de energía.

Por razones de diseño del embalse, se consideraron también los mismos niveles de operación (cota 85 para el máximo de operación,, cota 65 para el mínimo de operación de la central y cota 52.8 para el mínimo de operación para riego), aunque el programa permite, si se deseara, usar un mismo nivel mínimo de operación tanto para generación como para riego.

En cuanto a la generación, el primer grupo de casos no consideró energía secundaria y el segundo sí, hasta un máximo de 130 MW de potencia continua. Es por ello que en los casos 11 y 12 (segundo grupo) genera cero ó 108 MW, o bien cero ó 29 MW, ya que cuando el nivel del embalse está por encima de la cota 65, se le obliga siempre a generar 108 MW (noviembre a febrero) o 29 MW (marzo a octubre) y cuando el nivel del embalse baja a cota 65 o menos, suspende la generación. En algunos casos, cuando hay desborde o bien las demandas para los otros usos son mayores, se genera por encima de esos valores pero sin sobrepasar la capacidad instalada de 130 MW. En el primer grupo en cambio, no se le exige la generación firme y genera lo que puede, hasta el máximo indicado en cada caso.

a) Resultados del primer grupo

- i) Los resultados del Anexo 15 y los obtenidos por CEDEGE en marzo de 1984 (referencia 11 del Anexo 1) no son completamente comparables ya que utilizan diferentes esquemas de generación de energía. En marzo de 1984 se consideró que generando con una potencia instalada de 130 MW sólo 12 horas al día, se obtiene una garantía del orden del 92% para la situación de cruce y que no existe conflicto entre la generación de energía y los otros usos, ya que sus garantías son del 100% (punto 8.3 de la referencia 11 del Anexo 1).

Calculando del Anexo 15 el valor esperado de las deficiencias (en 25 trazas de 30 años cada una), éste es el siguiente, para los casos 1 y 2:

| Valor esperado de deficiencias en % (y valores mínimo y máximo) para los usos: | Caso 1       | Caso 2       |
|--|--------------|--------------|
| Energía  | 1.22 (0-4.4) | 3.18 (0-7.8) |
| Agua Potable-Salinidad   | 0.03 (0-.56) | 0.06 (0-.83) |
| Riego-Dilución   | 0.08 (0-.56) | 0.09 (0-.83) |
| Trasvase a Santa Elena   | 0.08 (0-.56) | 0.09 (0-.83) |

Estos resultados son comparables a los obtenidos en marzo de 1984 ya que son condiciones promedio, y considerando que para el caso 2 el déficit para energía varió entre 0 y cerca de 8% y entre 0 y alrededor de 1% para los otros usos. No se evidencian diferencias tampoco en la Tabla 8 para el mes de noviembre en los casos 1 y 2.

- ii) Comparando en la Tabla 8 los resultados de noviembre para los casos 1 y 6 y los casos 2 y 5, sí se evidencia una diferencia, especialmente en los casos 2 y 5 que corresponden al mayor requerimiento de energía firme. Esta diferencia se debe indudablemente al efecto de suprimir la lluvia directa sobre el embalse más la consideración de 40%-5 volúmenes de dilución, en vez de 20%-2 volúmenes.
- iii) En la misma Tabla 8, las diferencias entre considerar la demanda de energía uniforme todo el año o la combinación 65-35%, se aprecia para 487 GW-h/año (casos 3 y 5) prácticamente sólo en el año 10, pero no se manifiesta para 404 GW-h/año (casos 4 y 6).
- iv) El efecto de incluir el trasvase a la península de Santa Elena (casos 7 a 10), prácticamente se manifiesta sólo en la generación de energía y más para los 487 GW-h/año.
- v) Siempre en la Tabla 8, puede verse que durante los primeros 5 años (cuando se incorporan al riego las 17000 Has. del Daule), las diferencias son mínimas en todos los casos.
- vi) Puede observarse también para los casos 1 y 2, que no hay diferencia durante los 15 años,

que las diferencias son pequeñas para 404 GW-h/año entre el año 5 y el año 10 y que éstas diferencias son más acentuadas para los 487 GW-h/año.

b) Resultados del segundo grupo:

El segundo grupo fue incluido principalmente para ver las variaciones en todos los meses del año (caso 11) y el efecto de considerar 3 volúmenes de dilución en vez de 5 (caso 12).

- i) De los Anexos 16 y 17 se obtienen los siguientes resultados para la generación anual en las 100 trazas:

| Caso | Promedio    | Desviación Estándar |
|------|-------------|---------------------|
| 11   | 610.76 GW-h | 68.92 GW-h          |
| 12   | 613.03 GW-h | 60.89 GW-h          |

En este sentido, no parece existir una diferencia apreciable, aunque la variabilidad disminuye un poco.

- ii) Los resultados del Caso 5 de la Tabla 8 y del caso 11 de las Tablas 9 y 10 para el mes de noviembre, no son enteramente comparables, debido a que las trazas generadas son diferentes y a que se usó un criterio diferente en la generación de energía, como ya se apuntó. Debe tenerse en mente también que para el caso 5 fueron 25 trazas y 100 para el caso 11. Sin embargo, el valor esperado y frecuencia relativa de los déficit para los demás usos, no son en extremo diferentes.
- iii) Los resultados de las Tablas 9 y 10 indican para energía, una frecuencia razonable de déficit en todos los meses para el año 5, que no se diferencia en mucho en ambos casos, aún para la situación más crítica que es en el mes de enero. Para el año 10, la frecuencia es razonable entre abril y septiembre, tampoco diferenciándose mucho para ambos casos, aunque el período se amplía de marzo a octubre en el caso 12. Para el año 15, la frecuencia razonable se contrae a los meses entre abril y agosto para el caso 11 y un poco más amplia, entre marzo y septiembre para el

caso 12. Sin embargo, la diferencia entre los casos 11 y 12 para los meses críticos si es aquí considerable.

- iv) Para los otros usos, la frecuencia de los déficit es razonable en todos los meses para el caso 12 y lo mismo ocurre en el caso 11, excepto para los años 10 y 15 en el período octubre-diciembre. Sin embargo, el valor esperado y especialmente la magnitud de los déficit si es grande entre los casos 11 y 12 para el período agosto-diciembre, para los años 10 y 15.
- v) En los meses críticos, hay casos en que para satisfacer la demanda de riego, se bajan los volúmenes de dilución.

Por ejemplo, en octubre del año 10, en la traza 19 (Anexo 17), se cubre la demanda de riego de 69.5 M<sup>3</sup>/s pero para dilución, en vez de 3 volúmenes del 40% (83 M<sup>3</sup>/s), se dan sólo 1.4 volúmenes del 40% (39 M<sup>3</sup>/s).

- vi) Para el caso de 5 volúmenes, la frecuencia promedio de déficit de dilución en riego es de 0.25% para el año 5, 5.5% para el año 10 y 6.08% para el año 15 en el esquema básico. Para el caso de 3 volúmenes, dichos porcentajes son, respectivamente, de 0.17%, 1.83% y 2.08%.
- vii) Para el caso de 5 volúmenes según el Anexo 16, la frecuencia promedio con que es requerida agua del embalse es de 97.5% para el año 5, 90.0% para el año 10 y 87.8% para el año 15 en el esquema básico. Para el caso de 3 volúmenes de dilución para riego, según el Anexo 18, dichos porcentajes son de 98.1%, 92.6% y 91.08%, respectivamente

#### 9.4 Conclusiones: Con base en los resultados y en la discusión anteriores, se puede concluir lo siguiente:

- a) En promedio y al largo plazo, las garantías obtenidas para los diferentes usos para el esquema completo simulado por CEDEGE en marzo de 1984, son comparables a las obtenidas ahora para el esquema básico más el trasvase a la península de Santa Elena, considerando los aportes directos de lluvia sobre el embalse y una dilución para riego de 20%-2 volúmenes.

- b) El suprimir el aporte directo de lluvia sobre el embalse y considerar una dilución para riego del 40%-5 volúmenes, sí causa un efecto importante en los resultados.
- c) Para los primeros 5 años, cuando se implementan las 17,000 Has. de riego del Daule, las diferencias en las garantías son pequeñas durante todos los meses, estando entre el 100 y el 87% aproximadamente para energía y entre 100 y el 99% aproximadamente para los otros usos. Prácticamente no existe diferencia entre usar la dilución para riego del 40%-5 volúmenes y una del 40%-3 volúmenes.
- d) Para los años 10 y 15 hay frecuencias de déficit de energía altas en los meses secos y, aunque hay diferencias grandes entre el usar 5 o 3 volúmenes de dilución, para ambos casos son inaceptables. Para los otros usos, las garantías son aceptables en cualquier momento para 3 volúmenes de dilución (entre 100 y 90%) pero para 5 volúmenes bajan hasta alrededor de un 80% en los últimos 3 meses del año.
- e) La generación media anual no varía apreciablemente según se usen 5 o 3 volúmenes de dilución.
- f) Las simulaciones efectuadas, presentan una imagen en situación conservadora, ya que al no simular series de lluvia estocásticas y correlacionadas con los caudales, (asumiendo en vez situaciones críticas), así como al introducir los factores de seguridad para calidad del agua, (mayores volúmenes de dilución) se está introduciendo más variabilidad que la real. Sin embargo, no es crítica en extremo ya que no se consideraron las demandas de riego calculadas con base en la lluvia media mensual, menos una desviación estándar (ver punto 4.1 h) ni se consideró un desfase gradual de los 8 M<sup>3</sup>/s de riego actual del Daule (ver punto 4.1 g)).
- g) El procedimiento usado permitió evaluar el esquema básico y detectar que no aparecen problemas serios en los primeros 5 años, es decir, cuando se tenga completado el riego de las 17,000 Ha.

9.5 Recomendaciones: Para evaluar las posibilidades del proyecto complementarias al esquema básico, es necesario obtener información adicional, sobre todo en el aspecto de calidad del agua, y realizar

investigaciones detalladas. Por lo tanto se recomienda lo siguiente:

- a) Implementar las investigaciones y programas recomendados en el Plan de Conservación Ambiental (referencia 21 del Anexo 1) y que se refieren a:
  - Proyecto de investigación de conservación de suelos en el área tributaria al embalse.
  - Programa de manejo (faja forestal protectora en las márgenes del embalse).
  - Proyecto de investigación de la calidad del agua para precisar el potencial de eutrofización. Este debe incluir la predicción de estratificación en el embalse y de la velocidad de eutrofización. Debe también incluir un modelo para predecir la calidad del agua desde la presa a La Toma, con énfasis en el oxígeno disuelto.
  - Programa de eliminación de la vegetación en el área del vaso y control de las malezas acuáticas.
- b) Realizar una investigación de calidad del agua en forma integral, durante un tiempo mínimo de un año, entre la presa y La Toma, Dicha investigación debe incluir como mínimo oxígeno disuelto, iones y otros elementos de importancia para riego y consumo humano y sobre todo, pesticidas. En esta investigación debe muestrearse con la frecuencia suficiente tanto en verano como en invierno, para obtener relaciones caudal-concentración para los diferentes elementos. Deben considerarse áreas tipo de riego para muestrear tanto en los caudales de entrada como de retorno, llevando un control de los respectivos caudales, con el objeto de precisar los porcentajes de retorno y el aumento de las concentraciones en la salida respecto a las de la entrada. Debe considerarse el equipo humano y de laboratorio adecuado, para que transcurra el tiempo mínimo entre el momento de la toma y el momento del análisis.
- c) Cuando se puedan precisar las salinidades del agua fresca que llegará a la toma y si entonces se considera necesario, debe re-evaluarse el requerimiento de 20 M<sup>3</sup>/s, para control de la intrusión salina mediante la aplicación de un modelo de calidad de agua adecuado al estuario del Guayas.

- d) Cuando se puedan precisar las concentraciones de pesticidas que pueden esperarse, debe efectuarse un estudio comparativo del costo necesario para mantenerlos a niveles aceptables según las normas de calidad del agua, confrontando vis a vis la alternativa de hacerlo por dilución, por tratamiento, o por combinación de ambos. En este último caso deberá estimarse la combinación óptima.
- e) En cualquier caso que involucre tratamiento adicional, sea con carbón activado o del tipo que fuere, deben definirse con bases concretas las dosificaciones y las obras y equipo necesarios, estimando con suficiente detalle los costos, tanto de inversión como anuales, para permitir su evaluación comparativa. Lo mismo se aplica a cualquier otra alternativa para dar agua de la calidad adecuada a la Ciudad de Guayaquil, como por ejemplo la alternativa del Pula.
- f) Ahora que CEDEGE cuenta con su equipo de computación y tiene facilidades de acceso y de operación adecuadas es conveniente que instale un modelo de generación multivariado, para generar también series estocásticas de lluvia y demandas correlacionadas con los caudales. Entonces podrán repetirse las simulaciones o realizar otras nuevas que fueren necesarias, para obtener la imagen real de la situación. Ello requiere como es natural, que todas las incertidumbres relacionadas con la calidad del agua hayan sido reducidas a una dimensión manejable, a través de las investigaciones antes descritas.

## 10. REFERENCIAS

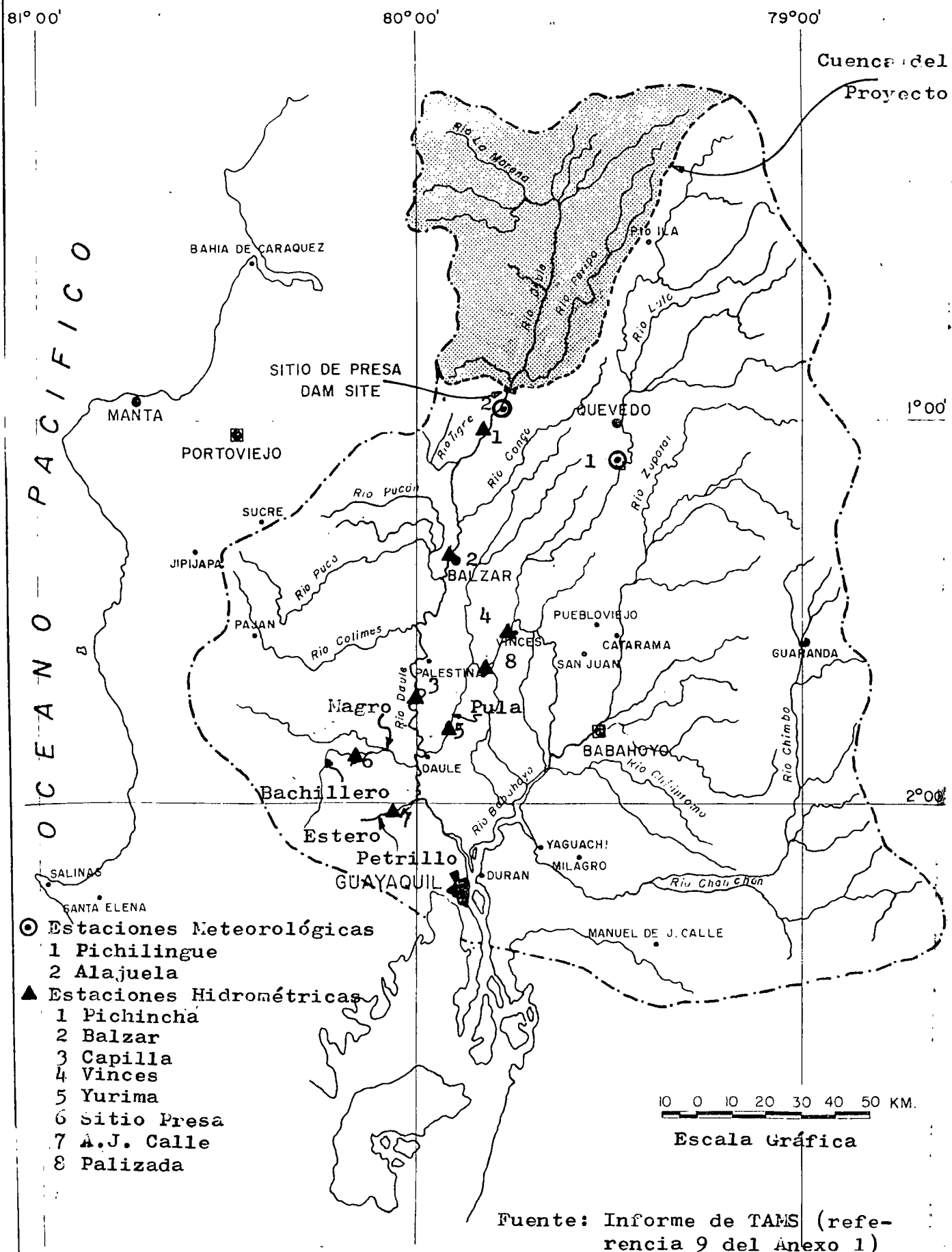
- (1) Matalas, N.C. "Mathematical Assesment of Synthetic Hydrology". Water Resources Res., 3 (4), 937-945, 1967.
- (2) Salas, J.D.; J. W. Delleur; V. Yevjevich; and W. L. Lane. Applied Modeling of Hydrologic Time Series. 1980. Water Resources Publications, P.O. Box 2841, Littleton, Colorado, 80161, USA.
- (3) HEC-4 "Monthly Streamflow Simulation". The Hydrologic Engineering Center, California, EEUU. 1971.
- (4) McGauhey, P.H. Engineering Management of Water Quality. McGraw Hill Book Co. San Francisco, 1968.
- (5) Luthin, James N. Drainage Engineering. John Wiley. New York. 1966.
- (6) Nugteren, J. "Efectos del Riego en el Drenaje". Cap. 10 en "Teorías del Drenaje Agrícola y de la Escorrentía". Segunda parte en Principios y Aplicaciones del Drenaje. International Institute for Land Reclamation and Improvement. P.O. Box 45. Wageningen, Holanda, 1977.
- (7) American Chemical Society. Organic Pesticides in the Environment. Washington, D.C. 1966.
- (8) Castagnino, Walter A. Polución de Agua, Modelos y Control. CEPIS, OPS/OMS. División de Salud Ambiental. Serie Técnica No.20.
- (9) McKee, J.E., and H.W. Wolf. Water Quality Criteria. The Resources Agency of California, State Water Quality Control Board, Publ. 3-A.
- (10) UNESCO. "Influence of Man on the Hydrological Cycle: guidelines to policies for the safe Development of Land and Water Resources". Paris, 1972.
- (11) Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, and Office of Research and Development, Environmental Protection Agency. "Control of Water Pollution from cropland, Volume II - An Overview". Wash. D.C. 1976.



- (12) Robeck, G.G., Dostal, K.A., Cohen, J.M., and Kreissl, J.F. "Effectiveness of Water Treatment processes in pesticide removal". Journal Amer. Water Works Assoc. 1965. 57 (2): 181-199.
- (13) Tillman, Robert E. Environmental Guidelines for Irrigation. Programa de EEUU del Hombre y la Biósfera y USAID. New York Botanical Garden, Cary Arboretum. 1981.

#### 11. AGRADECIMIENTOS

Se desea dejar constancia de la ayuda y apoyo que recibió el Consultor de parte de funcionarios del Banco, especialmente los Doctores Alberto Gómez, Jaime Millán y Luis Ferraté, así como de parte de funcionarios de CEDEGE, en especial los Ingenieros Jacinto Rivero, José Luis Santos y Gabriel Cabezas, cuyo concurso y colaboración permitieron la exitosa conclusión de este trabajo y cuyas atenciones, lo hicieron agradable.



ANEXO 1

DOCUMENTOS REVISADOS

1. BID. Documento interno. "Project Report, Ecuador, Daule-Peripa Multi-Purpose River Development Project (EC-0091)". 9 de octubre de 1979. PR-969-A.
2. BID. Documento interno. "Ecuador. Proyecto Daule Peripa (EC-0099). Financiamiento Adicional. Informe de Misión Especial, marzo 12-16/84" y "Resumen".
3. CEDEGE. "Informe del Estudio de Operación del Embalse, Presas Daule-Peripa y Balzar, Proyecto Múltiple Guayas, (Borrador)". TAMS-AHT-Integral. Guayaquil, Ecuador. Junio 1978.
4. BID. Documento interno. "Ayuda Memoria". Misión Especial de marzo 1984.
5. Waite, P.J. "Río Guayas, Ecuador. Salt Water Intrusion Study. 3. Analysis of low flows". Report No.OD35. Hydraulics Research Station, Wallingford, U.K. June 1981.
6. CEDEGE. "Operación del Embalse Daule-Peripa (Borrador)". 1984.
7. CEDEGE. "Resumen de las Alternativas Realizadas en la Operación del Embalse Daule-Peripa" (Manuscrito). Septiembre 1984.
8. CEDEGE. "Trasvase Daule-Santa Elena. Evaluación Económica Resumen". Guayaquil, marzo 1984.
9. Consorcio TAMS-AHT-Integral. "Proyecto de Propósito Múltiple Guayas; Presa Daule-Peripa, Etapa de Factibilidad. Informe de Operación Embalse". 1978.
10. Consorcio TAMS-AHT-Integral. "Proyecto de Propósito Múltiple Guayas; Presa Daule-Peripa, Etapa de Factibilidad. Informe de Hidrología y Meteorología". 1978.
11. CEDEGE. "Operación del Embalse Daule-Peripa". Documentos Producidos con Motivo de la Misión de Orientación del BID para los Créditos Daule-Peripa. Doc. 01-03-84.Marzo 1984.

12. CEDEGE. "Investigación y Control de Calidad de las Aguas Superficiales". Reporte No.1. Ago. - Dic.1972.
13. CEDEGE. "Investigación y Control de Calidad de las Aguas Superficiales" Reporte No.2. Junio-Dic. 1973.
14. León González, Betty; Guillermo Rincay Romero; y Franklin Villamar Bajaña. "Estudio y Determinación de los Niveles de Contaminación por Residuos de Pesticidas organoclorados en las Aguas de Riego y Drenaje del Proyecto Babahoyo. "Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. 1980.
15. Ordóñez, Gonzalo A. "Determinación del Caudal Mínimo de Agua Dulce que debe Pasar por La Toma". Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS). XV Congreso Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Pasto, Colombia, 12-15 octubre 1972.
16. Sanmuganathan, K. "Predictions of Salinity Intrusión in the Río Guayas, Ecuador". HRS, Wallingford, U.K. Report No.OD 21. September 1979.
17. EMAG. Informe No.2. Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Pluvial del Area Metropolitana de Guayaquil. Vol. 3 "Modelos Matemáticos de Calidad de Aguas". Marzo 1981.
18. CEDEGE-Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid). "Plan Hidráulico Acueducto Santa Elena. I-Información Básica y Orientación Productiva. 5-Evaluación de Tierras para Riego. Memoria". Mayo 1984.
19. EMAP-G y Gilbert-Brown y Caldwell-Ribadeneira. "Plan Maestro de Agua Potable Para Guayaquil y su Area de Influencia 1980-2000. "Informe Final, Septiembre 1980.
20. CEDEGE. "Evaluación Técnico-Económica del Proyecto de Propósito Múltiple "Jaime Roldós Aguilera" (Daule-Peripa). Actualización. Estimación de los Beneficios Imputables al proyecto "Jaime Roldós Aguilera" por el suministro de agua a la EMAP-G". Junio 1984.
21. CEDEGE. "Plan de Conservación Ambiental del Proyecto de Propósito Múltiple "Jaime Roldós Aguilera". Noviembre 1983.
22. Centro de Estudios Hidrográficos (Madrid) - INECEL-CEDEGE. "Incidencia de la Incorporación del Aprovechamiento de Daule Peripa al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador". Mayo 1984.

23. CEDEGE. "Agua Superficial Disponible en la Subcuenca del Río Daule en el Período 1950 - 1975 y su Regulación con el Embalse Daule-Peripa". Depto. de Hidrología, Reporte No.7. Julio 1978.
24. CEDEGE. "Curvas de Descarga de los Ríos de la Cuenca del Río Guayas, Subcuenca del Río Daule". Depto. de Hidrología y Recursos Hidráulicos. Reporte No.11. Febrero 1980.
25. CEDEGE. Datos de precipitación mensual 1947-1981, estación Pichilingue.
26. CEDEGE. Datos de caudales mensuales registrados y estimados; estaciones Río Bachillero en el sitio de Presa (1950-80), Estero Petrillo en A.J. Calle (1950-80), Río Magro en A.J. Calle (1950-80), Río Pula en Yurima (1950-81), Río Daule en el Sitio de Tránsito (1950-80), Daule en La Capilla (1963-81), Vinces en Vinces (1964-81).
27. CEDEGE. Datos de caudales simultáneos, 19-27 junio 1984, en los ríos Daule sitio de Presa D, Daule sitio de presa 50, Daule sitio de Presa 100, Daule sitio de presa B, Daule en Pichincha, Congo en Puente Carretero, Daule en Balzar, Pula en Hacha, Colimes en A.J. Daule, Daule en Capilla, Magro en Las Cañas, Pula en Yurima.
28. "Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE) y la Empresa Municipal de Agua Potable de Guayaquil (EMAP-G)". Sin fecha.
29. Gilbert and Commonwealth, Engineers and Consultants. Certificados de análisis de Calidad del Agua efectuados para EMAP-G con muestras tomadas en el Venturi (en el abastecimiento de agua a Guayaquil), agua cruda del abastecimiento a Guayaquil, agua cruda del Pula y del Daule cerca de La Toma, tomadas en diciembre de 1981.
30. EMAP-G. Cuadros de Análisis Físico-Químicos de muestras del río Daule tomadas en julio 1982.
31. EMAP-G. División de Contabilidad General. "Costo de Operación de Agua de Acuerdo a la Clasificación Económica de los Gastos al mes de abril de 1984." (Tabla).
32. EMAP-G. "Implantación General: Proyecto Emergente Para Ejecución Inmediata" (Plano de la toma provisional del río Pula).

33. CEDEGE-CEPAL. "Plan Regional Integrado de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena. Propuesta de Plan Hidráulico Regional." Anexo Mapas. Julio 1983.
34. CEDEGE, Dirección de Desarrollo Agrícola y Reasentamiento. "Area de Riego del Proyecto de Propósito Múltiple Daule Peripa". Vol. II Cuadros y Anexos para el Cálculo del Balance Hídrico.

ANEXO 2

PERSONAS ENTREVISTADAS

Banco Interamericano de Desarrollo:

Alberto Gómez (PAF/ENG)  
Jaime Millán (PEN/ELE)  
Luis Ferraté (PAF/ENG)  
Fouad Abularach (Infraestructura) (por teléfono)  
Andrés Solórzano (REP/EC)

Instituciones en Guayaquil:

José Luis Santos (Subdirector Ejecutivo CEDEGE)  
Gabriel Cabezas (Gerente Proyecto Santa Elena, CEDEGE)  
Jacinto Rivero (Ingeniero Programador, contraparte designado por CEDEGE)  
Félix Cabrera (Jefe Hidrología y Recursos Hidráulicos, CEDEGE)  
César Ibarra (Ingeniero Depto. de Hidrología y Recursos Hidráulicos, CEDEGE)  
Arturo Ruiz (Ingeniero de Riego, Unidad Ejecutora Daule Peripa, CEDEGE)  
Vladimir Roura (EMAG)  
Miguel Cabrera (EMAG)  
Roland Barreno (Unidad Ejecutora Daule-Peripa, Distritos de Riego, CEDEGE).  
Jorge Flores (Gerente Técnico EMAP-G)  
Jorge Rodríguez (EMAP-G)  
Gustavo Castillo (Jefe Depto. Técnico EMAP-G)  
Bolívar Neira Menéndez (Ex-gerente, Asesor EMAP-G)  
Hermes León (Economista, Consultor CEDEGE)  
Edmundo Hederra (Ing. OPS/OMS)  
Washington Soria (Ingeniero Depto. Hidrología y Recursos Hidráulicos, CEDEGE).



## ANEXO 3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ( $\text{m}^3/\text{seg.}$ )

ESTACION: DAULE EN EL SITIO DE PRESA

| MESES<br>AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO  | ABRIL | MAYO   | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1950         | 26.1  | 286.6   | 816.8  | 327.6 | 95.4   | 72.6  | 28.9  | 15.6   | 11.3       | 15.8    | 12.3      | 113.9     |
| 1951         | 665.1 | 321.7   | 450.4  | 519.4 | 233.1  | 289.2 | 274.3 | 52.4   | 25.5       | 24.1    | 21.7      | 16.6      |
| 1952         | 72.6  | 198.2   | 158.8  | 277.9 | 183.0  | 94.3  | 66.2  | 34.1   | 37.9       | 14.4    | 7.5       | 22.0      |
| 1953         | 137.8 | 561.3   | 507.2  | 487.8 | 1054.8 | 87.8  | 61.1  | 30.6   | 25.3       | 22.2    | 30.3      | 21.8      |
| 1954         | 41.4  | 231.0   | 742.3  | 205.1 | 184.3  | 111.0 | 49.3  | 26.6   | 25.2       | 19.9    | 11.8      | 96.1      |
| 1955         | 521.5 | 444.9   | 428.3  | 449.8 | 146.1  | 23.6  | 55.9  | 31.9   | 31.8       | 14.2    | 11.5      | 10.3      |
| 1956         | 36.7  | 255.8   | 993.9  | 455.3 | 104.9  | 70.6  | 28.8  | 19.5   | 15.0       | 15.2    | 11.6      | 19.3      |
| 1957         | 37.1  | 530.7   | 605.0  | 282.3 | 524.3  | 251.5 | 177.5 | 38.9   | 42.7       | 21.1    | 12.9      | 21.4      |
| 1958         | 61.2  | 563.5   | 1036.0 | 383.4 | 164.2  | 89.4  | 20.1  | 19.5   | 14.6       | 17.1    | 11.4      | 18.2      |
| 1959         | 38.5  | 230.3   | 842.5  | 318.3 | 339.2  | 235.2 | 31.5  | 31.1   | 24.2       | 13.9    | 13.7      | 48.4      |
| 1960         | 91.3  | 198.5   | 436.6  | 566.5 | 188.8  | 113.8 | 19.3  | 15.9   | 15.2       | 10.2    | 6.7       | 6.7       |

## ANEXO 3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ( $\text{m}^3/\text{seg.}$ )

ESTACION: DAULE EN EL SITIO DE PRESA

| MESES<br>AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1961         | 45.1  | 544.4   | 548.9 | 196.8 | 130.4 | 27.3  | 24.0  | 18.3   | 16.3       | 44.1    | 11.7      | 17.6      |
| 1962         | 96.2  | 255.4   | 630.8 | 631.0 | 153.6 | 66.7  | 27.8  | 14.8   | 15.6       | 9.2     | 12.2      | 11.6      |
| 1963         | 27.1  | 86.5    | 193.1 | 167.2 | 103.2 | 28.7  | 16.3  | 11.6   | 6.9        | 6.5     | 6.8       | 10.4      |
| 1964         | 178.8 | 321.2   | 688.2 | 759.2 | 118.4 | 45.0  | 29.7  | 23.5   | 21.2       | 18.9    | 15.2      | 16.8      |
| 1965         | 57.4  | 260.7   | 755.2 | 834.2 | 527.2 | 222.0 | 74.3  | 33.7   | 23.4       | 23.6    | 21.9      | 15.2      |
| 1966         | 232.6 | 532.1   | 634.1 | 235.4 | 144.8 | 72.8  | 28.2  | 26.6   | 15.7       | 18.4    | 12.4      | 15.6      |
| 1967         | 298.1 | 534.5   | 369.6 | 114.7 | 99.7  | 45.0  | 30.5  | 22.2   | 18.0       | 17.0    | 11.9      | 11.7      |
| 1968         | 36.9  | 136.0   | 167.5 | 163.5 | 38.4  | 28.5  | 21.3  | 16.0   | 14.1       | 10.3    | 9.3       | 8.8       |

## ANEXO 3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ( $m^3/seg.$ )

ESTACION: DAULE EN EL SITIO DE PRESA

| MESES<br>AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1969         | 32.1  | 49.0    | 239.9 | 509.4 | 434.8 | 289.1 | 75.1  | 32.2   | 22.0       | 16.3    | 15.2      | 20.2      |
| 1970         | 63.1  | 170.3   | 167.0 | 858.4 | 358.2 | 80.9  | 37.4  | 25.5   | 20.0       | 16.0    | 14.1      | 16.5      |
| 1971         | 51.3  | 370.8   | 853.1 | 349.2 | 66.5  | 35.2  | 24.6  | 19.2   | 15.5       | 14.3    | 12.4      | 15.5      |
| 1972         | 66.3  | 369.4   | 608.7 | 405.8 | 150.6 | 464.4 | 208.0 | 64.4   | 37.3       | 34.1    | 24.5      | 108.7     |
| 1973         | 415.4 | 544.0   | 514.0 | 745.2 | 500.7 | 101.2 | 58.1  | 33.0   | 28.8       | 22.6    | 18.4      | 19.5      |
| 1974         | 28.8  | 329.2   | 275.6 | 98.2  | 121.7 | 37.5  | 26.0  | 18.4   | 14.0       | 12.9    | 9.8       | 21.1      |
| 1975         | 288.0 | 656.9   | 545.1 | 652.5 | 125.9 | 87.4  | 41.7  | 27.3   | 20.3       | 15.0    | 11.7      | 26.1      |
| 1976         | 369.6 | 585.8   | 734.0 | 743.3 | 542.9 | 152.0 | 61.9  | 32.6   | 21.5       | 16.9    | 15.6      | 22.2      |
| 1977         | 145.5 | 293.5   | 619.1 | 213.9 | 93.4  | 67.2  | 34.5  | 22.5   | 13.8       | 14.3    | 8.6       | 13.7      |
| 1978         | 60.1  | 315.7   | 215.8 | 296.9 | 242.2 | 49.7  | 27.3  | 18.4   | 15.3       | 11.9    | 11.5      | 10.2      |
| 1979         | 38.2  | 143.7   | 232.6 | 319.9 | 60.4  | 57.0  | 31.7  | 18.4   | 20.7       | 13.8    | 9.2       | 7.2       |
| 1980         | 12.8  | 117.6   | 109.2 | 423.2 | 186.7 | 57.9  | 27.1  | 18.0   | 12.6       | 11.0    | 10.1      | 10.2      |
| 1981         | 8.1   | 447.4   | 478.3 | 399.5 | 62.7  | 26.6  | 18.0  | 13.6   | 11.0       | 8.5     | 6.9       | 9.2       |

## ANEXO 4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES ( $m^3/seg.$ )

ESTACION: DAULE EN PICHINCHA

| MESES<br>AÑO | ENERO  | FEBRERO | MARZO  | ABRIL  | MAYO   | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1965         | 61.6   | 279.8   | 810.6  | 895.5  | 566.0  | 239.0 | 79.8  | 36.3   | 25.1       | 25.4    | 23.5      | 16.3*     |
| 1966         | 271.1* | 571.1*  | 680.5* | 252.6* | 155.4* | 78.1* | 30.2* | 28.5*  | 16.8*      | 19.7*   | 13.3*     | 16.7*     |
| 1967         | 320.0  | 573.6*  | 396.6* | 123.1  | 107.0* | 48.4  | 32.7  | 23.8   | 19.4       | 18.4    | 12.9      | 12.9      |
| 1968         | 39.7   | 146.1   | 179.8  | 175.5  | 41.3   | 30.7  | 22.9  | 17.2   | 15.2       | 11.2    | 10.0      | 9.5       |
| 1969         | 34.5   | 52.6    | 257.6  | 546.8  | 466.8  | 310.3 | 80.7  | 34.7   | 23.6       | 17.6    | 16.3      | 21.7      |
| 1970         | 67.8   | 182.9   | 179.3  | 922.0  | 384.5  | 86.9  | 40.2  | 27.4   | 21.5       | 17.2    | 15.2      | 17.7      |
| 1971         | 55.2   | 398.0   | 916.5  | 374.8  | 71.5   | 37.8  | 26.5  | 20.5   | 16.6       | 15.4    | 13.3      | 16.6      |
| 1972         | 71.3   | 396.6   | 650.6  | 435.9  | 161.6  | 498.8 | 223.3 | 69.2   | 40.0       | 36.7    | 26.3      | 115.0     |
| 1973         | 445.9  | 583.9   | 551.7  | 799.9  | 585.5  | 108.7 | 62.4  | 35.5   | 28.9       | 24.3    | 19.9      | 21.1      |
| 1974         | 31.0   | 353.4   | 295.8  | 105.5  | 130.7  | 41.7  | 27.9  | 19.8   | 15.0       | 13.9    | 10.8      | 22.8      |
| 1975         | 309.2  | 705.1   | 585.2  | 689.6  | 135.2  | 93.8  | 44.8  | 29.3   | 21.8       | 16.2    | 12.6      | 28.7      |
| 1976         | 396.7  | 628.7   | 787.8  | 797.8  | 582.7  | 163.1 | 66.4  | 35.0   | 23.1       | 18.1    | 16.7      | 23.8      |
| 1977         | 156.2  | 315.0   | 664.5  | 229.6  | 100.3  | 72.1  | 37.0  | 24.1   | 14.8       | 15.3    | 9.2       | 14.7      |
| 1978         | 64.5   | 338.8   | 231.6  | 318.7  | 260.0  | 53.3  | 29.3  | 19.7   | 16.4       | 12.8    | 12.3      | 10.9      |

\*Estimados

ANEXO 4  
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/seg.)

ESTACION: DAULE EN PICHINCHA

| MESES<br>AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1979         | 35.6  | 154.2   | 249.6 | 343.4 | 64.8  | 61.2  | 34.0  | 19.7   | 22.2       | 14.8    | 9.9       | 7.7       |
| 1980         | 13.7  | 126.2   | 117.2 | 454.2 | 200.4 | 62.1  | 29.1  | 19.3   | 13.5       | 11.8    | 10.8      | 10.9      |
| 1981         | 8.7   | 480.2   | 513.4 | 428.8 | 67.3  | 28.6  | 19.3  | 14.6   | 11.8       | 9.1     | 7.4       | 9.9       |

\*Estimados

## ANEXO 5

Caudales Medios Mensuales ( $m^3/s$ )

ESTACION: Daule en Balzar

| MESES<br>AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO  | ABRIL  | MAYO  | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1965         | 69.2  | 344.3   | 987.1  | 1026.7 | 661.6 | 242.2 | 104.9 | 50.9   | 38.2       | 35.7    | 28.9      | 27.8      |
| 1966         | 401.0 | 668.8   | 825.2  | 295.4  | 205.7 | 98.1  | 45.5  | 34.2   | 24.3       | 22.9    | 17.7      | 19.0      |
| 1967         | 464.2 | 700.4   | 424.0  | 143.7  | 119.5 | 61.4  | 37.8  | 26.3   | 20.5       | 20.9    | 14.8      | 14.6      |
| 1968         | 46.5  | 160.6   | 202.1  | 187.0  | 42.2  | 28.5  | 20.1  | 14.9   | 13.1       | 10.6    | 9.9       | 7.9       |
| 1969         | 39.6  | 54.6    | 338.5  | 613.9  | 491.5 | 301.8 | 89.5  | 34.4   | 22.2       | 15.8    | 15.2      | 17.8      |
| 1970         | 65.6  | 190.0   | 224.9  | 988.5  | 443.4 | 110.1 | 52.5  | 34.7   | 24.7       | 20.7    | 17.0      | 17.5      |
| 1971         | 53.7  | 413.4   | 1093.2 | 436.1  | 91.4  | 50.3  | 34.0  | 25.0   | 21.4       | 18.4    | 15.2      | 17.7      |
| 1972         | 82.7  | 438.7   | 805.9  | 519.3  | 195.1 | 543.6 | 264.9 | 78.3   | 47.4       | 42.2    | 27.4      | 122.2     |
| 1973         | 551.5 | 716.8   | 661.7  | 977.7  | 549.9 | 147.9 | 89.7  | 52.3   | 41.1       | 33.1    | 27.1      | 26.8      |
| 1974         | 38.8  | 412.1   | 375.4  | 117.5  | 161.2 | 47.2  | 28.5  | 20.9   | 16.5       | 15.2    | 13.3      | 29.0      |
| 1975         | 369.3 | 1036.2  | 1110.4 | 857.1  | 153.9 | 87.8  | 50.9  | 34.3   | 27.3       | 22.6    | 19.5      | 24.6      |
| 1976         | 486.4 | 715.6   | 843.8  | 1019.3 | 598.1 | 221.9 | 97.6  | 46.8   | 30.1       | 22.6    | 19.4      | 27.5      |
| 1977         | 191.4 | 386.0   | 800.9  | 366.2  | 126.5 | 91.6  | 38.9  | 23.7   | 18.1       | 14.6    | 11.3      | 13.3      |
| 1978         | 73.4  | 427.2   | 283.8  | 490.0  | 292.2 | 67.0  | 33.5  | 21.3   | 16.2       | 12.8    | 11.2      | 10.1      |
| 1979         | 45.9  | 189.0   | 296.8  | 413.4  | 72.6  | 60.9  | 29.2  | 15.7   | 17.7       | 10.2    | 7.0       | 6.1       |
| 1980         | 16.8  | 154.7   | 125.3  | 571.8  | 252.8 | 65.3  | 24.8  | 14.7   | 9.5        | 7.9     | 7.2       | 7.3       |
| 1981         | 10.7  | 588.5   | 614.6  | 481.1  | 75.2  | 28.5  | 18.4  | 12.3   | 10.5       | 7.7     | 6.9       | 7.7       |

## ANEXO 6

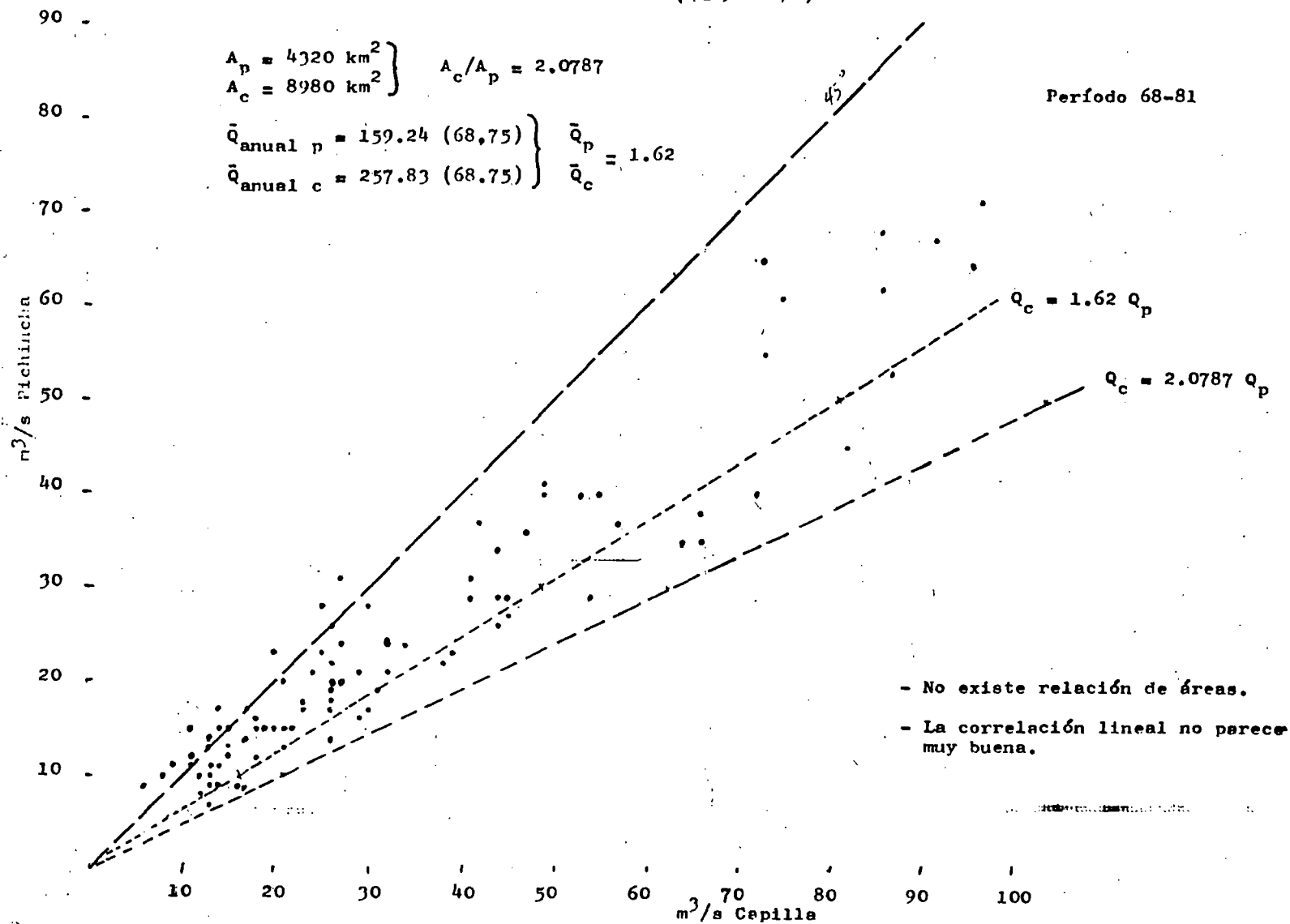
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (M<sup>3</sup>/s)

ESTACION DAULE EN LA CAPILLA.

| MESES<br>AÑO | ENERO              | FEBRERO            | MARZO               | ABRIL               | MAYO               | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1965         | 73.2 <sup>d</sup>  | 404.5              | 1326.5              | 1427.3              | 991.5              | 330.3 | 144.6 | 62.5   | 43.9       | 30.9    | 30.9      | 27.1      |
| 1966         | 479.8 <sup>d</sup> | 891.1 <sup>d</sup> | 1055.5 <sup>d</sup> | 375.1               | 219.4              | 102.2 | 54.4  | 37.8   | 25.3       | 24.1    | 16.6      | 16.4      |
| 1967         | 553.4              | 864.7              | 625.9 <sup>d</sup>  | 167.1               | 136.3              | 74.0  | 40.2  | 28.4   | 20.3       | 22.0    | 16.0      | 11.7      |
| 1968         | 49.0               | 193.4 <sup>d</sup> | 256.6               | 225.3               | 49.1               | 27.1  | 20.3  | 13.5   | 11.2       | 8.6     | 8.3       | 6.3       |
| 1969         | 51.6               | 641 <sup>d</sup>   | 419.9 <sup>d</sup>  | 853.7               | 647.6              | 374.3 | 100.6 | 35.6   | 23.6       | 17.2    | 15.2      | 16.1      |
| 1970         | 85.8 <sup>d</sup>  | 230.7 <sup>d</sup> | 240.2               | 1326.2              | 643.9              | 156.6 | 71.5  | 44.9   | 31.6       | 26.0    | 20.4      | 23.0      |
| 1971         | 73.3               | 516.6              | 1450.2              | 598.9               | 127.2              | 65.6  | 43.5  | 29.9   | 29.6       | 19.4    | 15.4      | 17.0      |
| 1972         | 96.5               | 537.1              | 1063.6              | 708.8               | 236.4              | 684.0 | 335.8 | 100.8  | 55.0       | 41.5    | 26.3      | 137.4     |
| 1973         | 733.0 <sup>d</sup> | 1024.1             | 978.6               | 1274.5 <sup>d</sup> | 728.2 <sup>d</sup> | 197.4 | 108.7 | 64.0   | 45.0       | 33.8    | 26.4      | 24.3      |
| 1974         | 40.7               | 405.6              | 456.2               | 110.6               | 185.9              | 53.4  | 29.8  | 21.1   | 14.2       | 13.3    | 10.9      | 24.6      |
| 1975         | 412.3 <sup>d</sup> | 120.31             | 1359.9              | 1091.3              | 268.0              | 152.8 | 86.5  | 53.9   | 37.5       | 28.6    | 21.6      | 25.0      |
| 1976         | 519.4              | 933.5              | 1113.0              | 1387.0              | 802.7              | 267.7 | 119.3 | 65.7   | 38.5       | 26.2    | 22.6      | 27.4      |
| 1977         | 195.0              | 486.8              | 990.5               | 471.1               | 162.1              | 108.5 | 56.9  | 32.2   | 21.5       | 18.0    | 12.7      | 15.1      |
| 1978         | 72.9               | 460.0              | 470.3               | 656.7               | 318.7              | 87.2  | 44.8  | 25.7   | 18.3       | 13.1    | 11.1      | 10.7      |
| 1979         | 47.4               | 220.7              | 331.1               | 434.2               | 96.3               | 75.3  | 44.4  | 27.0   | 26.2       | 19.1    | 12.8      | 12.1      |
| 1980         | 25.7               | 179.4              | 144.2               | 697.2               | 294.4              | 86.2  | 40.8  | 26.1   | 16.7       | 14.6    | 12.7      | 13.5      |
| 1981         | 16.7               | 641.2              | 820.0 <sup>d</sup>  | 536.1               | 92.0               | 43.9  | 30.7  | 20.8   | 18.2       | 13.8    | 12.8      | 12.1      |

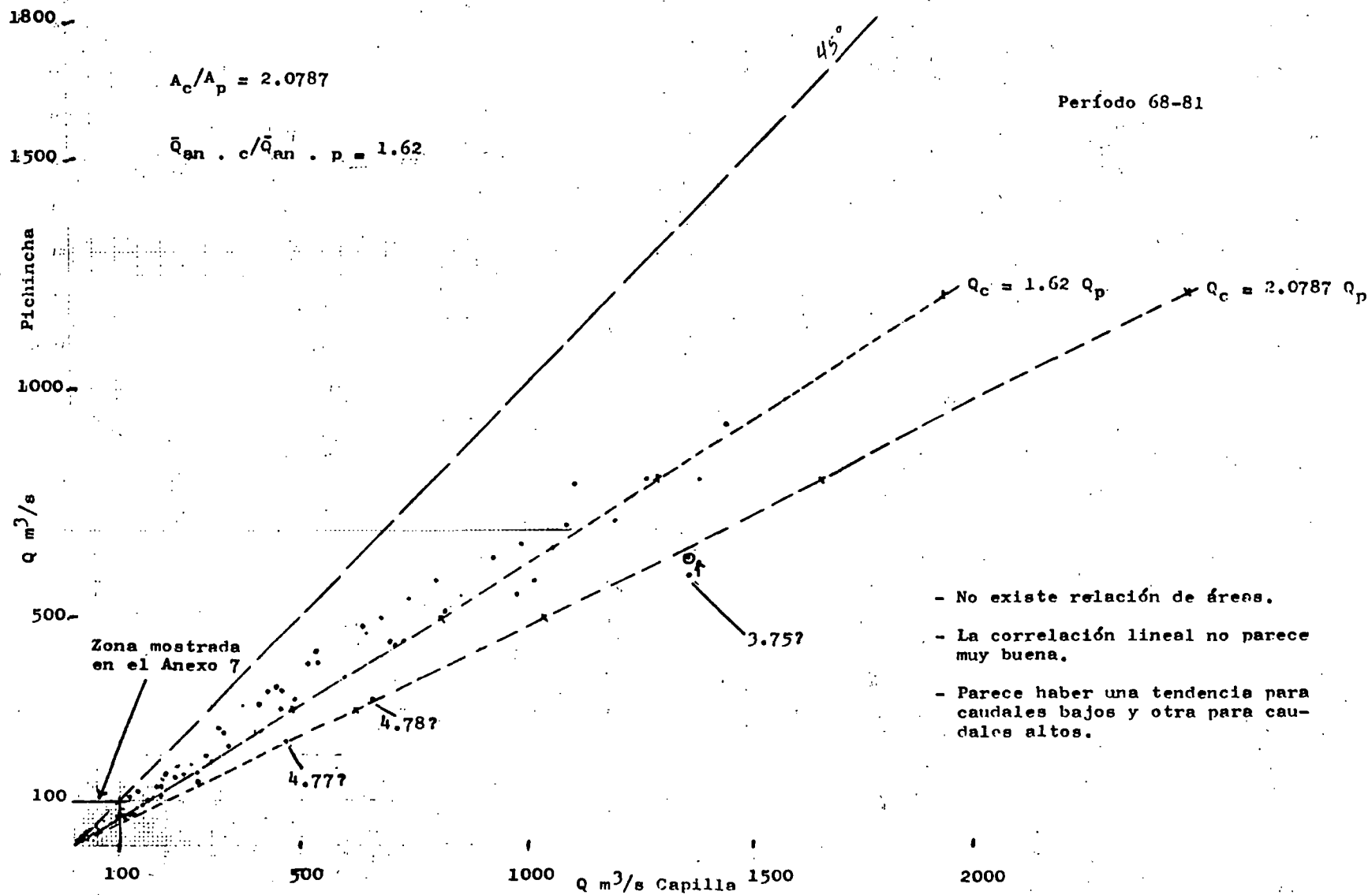
d = algunos días fueron estimados

ANEXO 7  
RIO DAULE: RELACION ENTRE CAUDALES MENSUALES DE LAS ESTACIONES PICHINCHA Y CAPILLA  
( $Q \leq 90 \text{ m}^3/\text{s}$ )





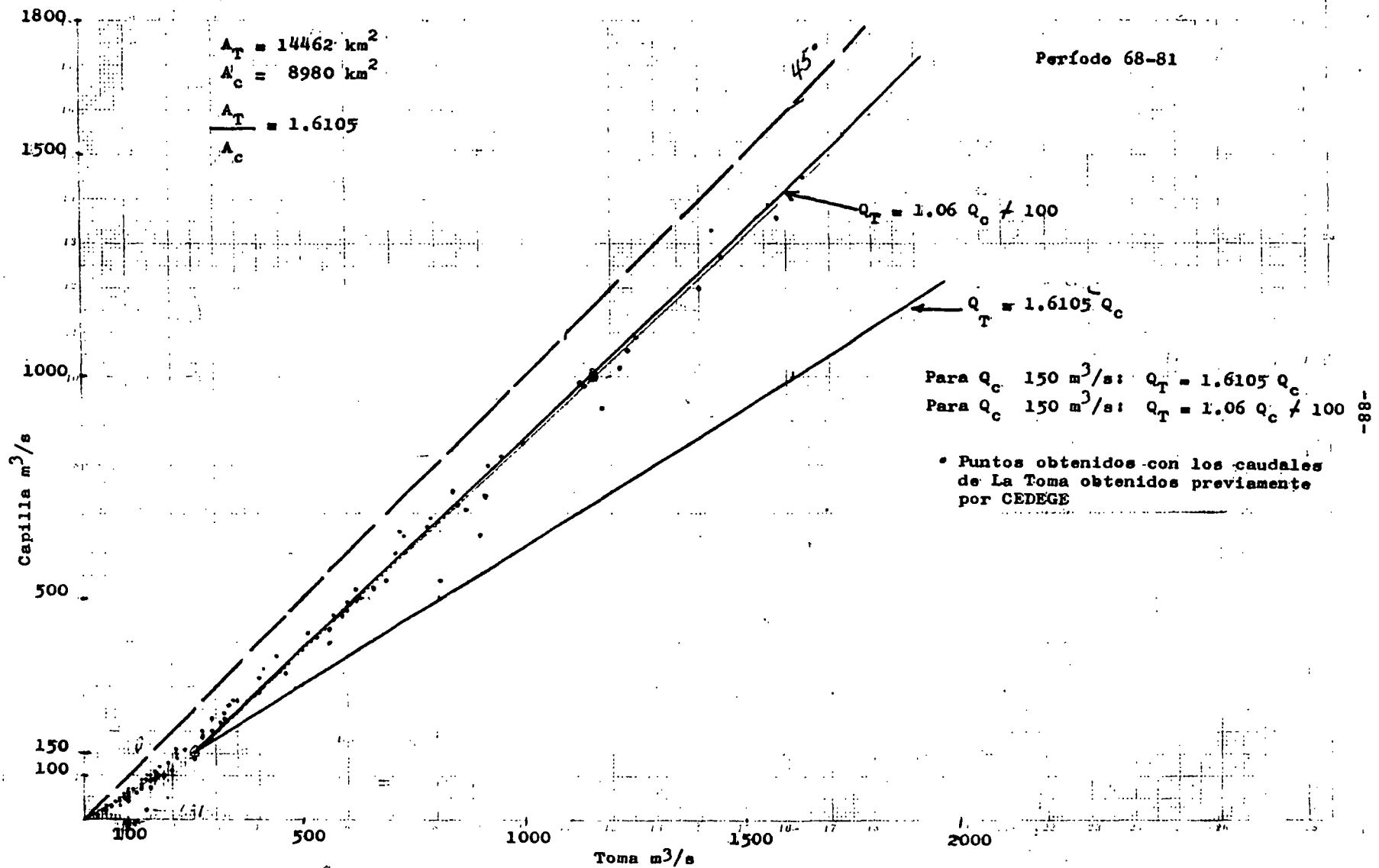
ANEXO 8  
RIO DAULE: RELACION ENTRE CAUDALES MENSUALES DE LAS ESTACIONES PICHINCHA Y CAPILLA  
( $Q \geq 100 \text{ m}^3/\text{s}$ )



- No existe relación de áreas.
- La correlación lineal no parece muy buena.
- Parece haber una tendencia para caudales bajos y otra para caudales altos.

# ANEXO 11

## RIO DAULE: RELACION DE CAUDALES MENSUALES ENTRE CAPILLA Y LA TOMA



## ANEXO 7

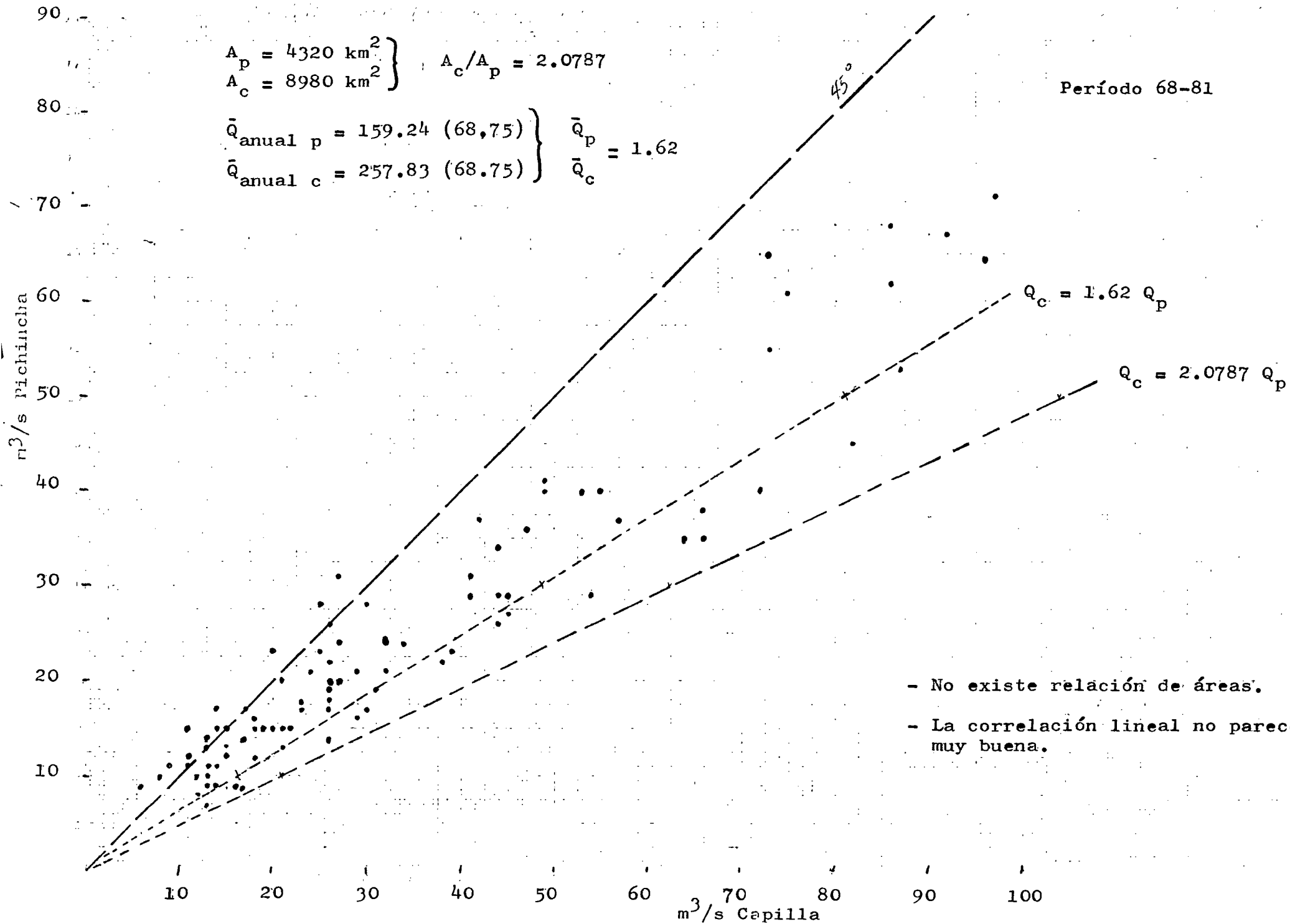
RIO DAULE: RELACION ENTRE CAUDALES MENSUALES DE LAS ESTACIONES PICHINCHA Y CAPILLA

 $(Q \leq 90 \text{ m}^3/\text{s})$ 

$$\left. \begin{array}{l} A_p = 4320 \text{ km}^2 \\ A_c = 8980 \text{ km}^2 \end{array} \right\} A_c/A_p = 2.0787$$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{Q}_{\text{anual } p} = 159.24 (68.75) \\ \bar{Q}_{\text{anual } c} = 257.83 (68.75) \end{array} \right\} \bar{Q}_p = 1.62$$

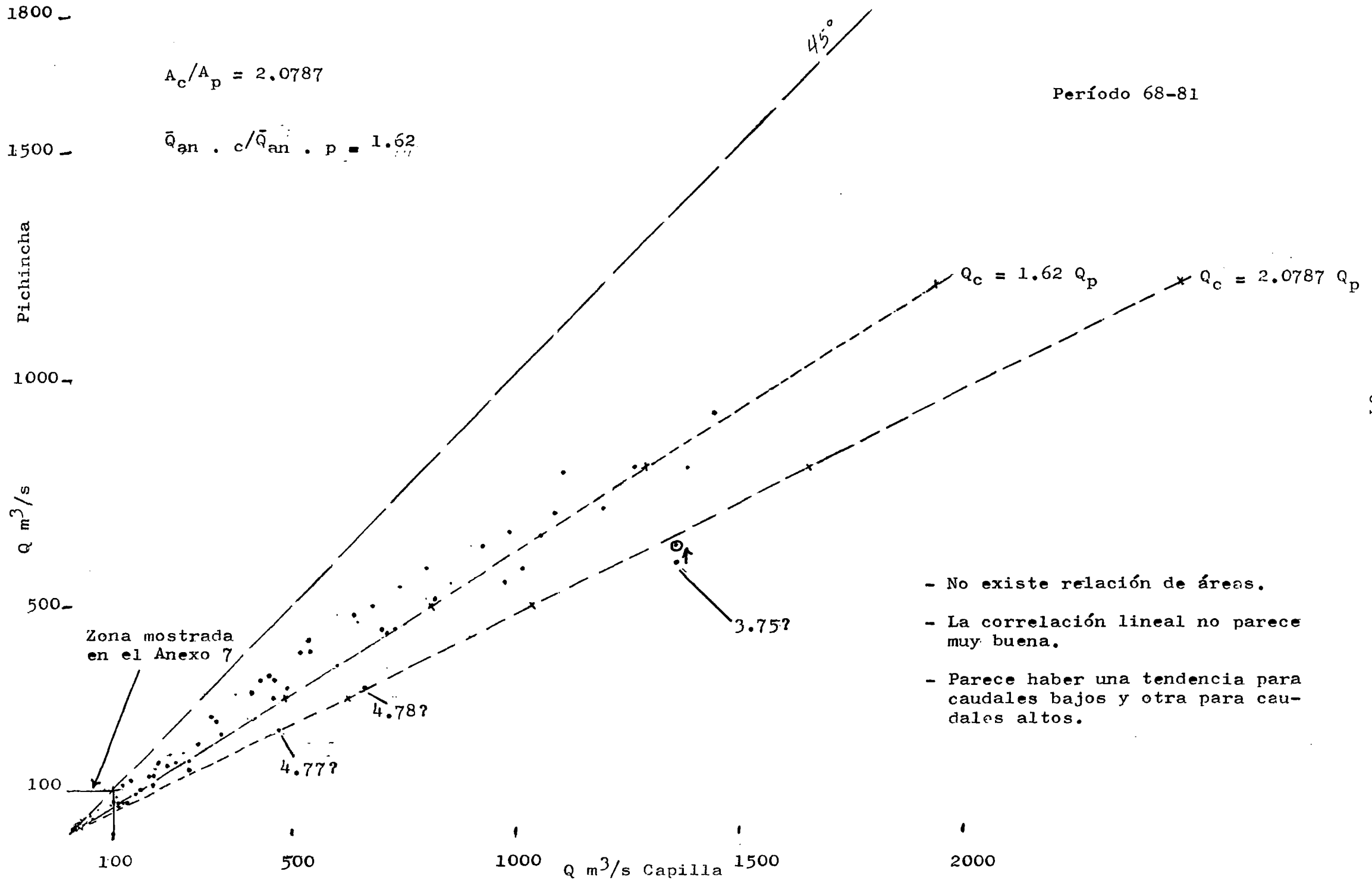
Período 68-81



- No existe relación de áreas.
- La correlación lineal no parece muy buena.

# ANEXO 8

RIO DAULE: RELACION ENTRE CAUDALES MENSUALES DE LAS ESTACIONES PICHINCHA Y CAPILLA  
( $Q \geq 100 \text{ m}^3/\text{s}$ )



## ANEXO 9

ESTACION PICHILINGUE  
Datos de Lluvia

Latitud: 01°06'40" S

Longitud: 79°27'34" O

Altitud: 73 m.s.n.m.

DESCRIPCION: Meteorológica de Primer Orden

ANTECEDENTES: Instalada en 1947 y actualmente controlada por el INAMHI.

DATOS DISPONIBLES: Totales mensuales de lluvia hasta diciembre de 1981.

| AÑO  | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J     | A    | S    | O     | N    | D     | ANUAL   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|---------|
| 1947 | 590.3 | 612.4 | 149.9 | 581.7 | 113.3 | 18.0  | 8.9   | 3.1  | 3.1  | 28.2  | 20.3 | 151.9 | 2.281.0 |
| 1948 | 834.6 | 540.7 | 151.5 | 377.2 | 60.9  | 7.0   | 6.6   | 0.0  | 2.0  | 25.6  | 12.8 | 38.1  | 2.056.9 |
| 1949 | 601.3 | 692.4 | 709.9 | 437.4 | 194.1 | 60.7  | 22.1  | 22.1 | 22.1 | 21.1  | 74.5 | 167.4 | 3.025.0 |
| 1950 | 201.9 | 331.0 | 611.0 | 213.6 | 44.7  | 8.9   | 1.5   | 1.5  | 4.1  | 10.7  | 19.8 | 283.5 | 1.732.1 |
| 1951 | 807.2 | 331.5 | 425.7 | 307.1 | 216.2 | 82.3  | 367.9 | 5.6  | 29.2 | 13.2  | 18.3 | 100.1 | 2.704.2 |
| 1952 | 360.7 | 254.0 | 263.1 | 348.7 | 31.2  | 77.0  | 19.1  | 1.0  | 21.3 | 4.6   | 11.9 | 88.4  | 1.480.9 |
| 1953 | 592.3 | 605.8 | 717.0 | 721.6 | 253.2 | 28.2  | 29.4  | 0.0  | 19.1 | 21.3  | 41.2 | 10.2  | 3.039.2 |
| 1954 | 349.0 | 415.3 | 407.7 | 164.3 | 46.7  | 4.1   | 3.8   | 1.0  | 9.7  | 36.1  | 27.7 | 136.9 | 1.602.2 |
| 1955 | 720.1 | 392.7 | 401.3 | 415.5 | 62.8  | 8.6   | 13.5  | 0.3  | 11.2 | 8.3   | 5.3  | 64.0  | 2.103.5 |
| 1956 | 364.2 | 384.3 | 528.9 | 517.0 | 53.9  | 29.2  | 35.3  | 3.1  | 10.4 | 9.4   | 20.3 | 34.8  | 2.090.7 |
| 1957 | 397.3 | 671.8 | 477.3 | 613.4 | 299.2 | 184.9 | 0.0   | 0.0  | 11.2 | 19.8  | 25.9 | 166.9 | 2.867.6 |
| 1958 | 523.2 | 561.7 | 558.0 | 516.6 | 95.3  | 16.5  | 25.9  | 25.9 | 1.8  | 17.8  | 5.2  | 34.7  | 2.332.5 |
| 1959 | 474.7 | 396.5 | 574.8 | 342.1 | 328.9 | 45.5  | 15.8  | 45.0 | 2.5  | 10.9  | 59.9 | 161.8 | 2.458.4 |
| 1960 | 400.4 | 528.4 | 331.0 | 347.2 | 42.9  | 0.5   | 20.1  | 4.7  | 0.5  | 1.1   | 4.9  | 27.3  | 1.709.0 |
| 1961 | 471.1 | 530.8 | 328.2 | 436.2 | 55.6  | 14.8  | 2.2   | 1.3  | 0.5  | 106.9 | 7.1  | 300.4 | 2.255.1 |
| 1962 | 587.0 | 503.1 | 376.7 | 331.0 | 123.5 | 25.4  | 0.3   | 4.5  | 1.6  | 0.4   | 23.7 | 37.2  | 2.014.4 |
| 1963 | 454.2 | 431.4 | 369.6 | 100.7 | 97.2  | 4.7   | 0.0   | 0.0  | 1.7  | 2.3   | 1.3  | 142.9 | 1.606.0 |
| 1964 | 629.0 | 350.0 | 450.7 | 411.8 | 40.8  | 11.3  | 4.7   | 7.1  | 0.3  | 11.6  | 10.6 | 50.2  | 1.978.1 |
| 1965 | 408.7 | 463.2 | 621.8 | 712.3 | 377.9 | 148.6 | 1.3   | 0.9  | 38.3 | 14.7  | 6.4  | 210.7 | 3.004.8 |
| 1966 | 511.1 | 507.4 | 541.3 | 237.5 | 74.5  | 44.9  | 1.1   | 15.8 | 5.2  | 28.8  | 17.0 | 32.2  | 2.016.8 |
| 1967 | 591.1 | 636.2 | 295.2 | 159.9 | 100.2 | 34.5  | 14.9  | 3.3  | 2.4  | 15.5  | 5.7  | 30.4  | 1.889.3 |
| 1968 | 384.7 | 195.3 | 150.4 | 153.6 | 12.2  | 18.9  | 0.1   | 40.3 | 13.8 | 5.5   | 13.6 | 247.8 | 1.236.2 |
| 1969 | 247.0 | 238.7 | 428.8 | 693.2 | 231.2 | 108.1 | 6.3   | 8.0  | 0.5  | 6.4   | 46.6 | 119.9 | 2.134.7 |
| 1970 | 258.3 | 266.0 | 147.7 | 488.8 | 396.7 | 30.7  | 1.7   | 1.4  | 4.5  | 17.6  | 28.3 | 109.4 | 1.751.1 |
| 1971 | 258.8 | 476.9 | 745.8 | 140.4 | 4.4   | 50.8  | 0.4   | 1.3  | 18.4 | 10.8  | 15.1 | 123.4 | 1.846.5 |
| 1972 | 418.0 | 489.8 | 541.3 | 374.4 | 188.9 | 360.1 | 38.4  | 67.6 | 23.7 | 37.1  | 55.2 | 297.9 | 2.892.4 |
| 1973 | 397.2 | 393.2 | 526.9 | 545.2 | 222.6 | 23.1  | 4.2   | 4.3  | 21.6 | 10.1  | 10.9 | 168.0 | 2.327.3 |
| 1974 | 181.6 | 353.5 | 207.9 | 419.6 | 55.5  | 7.0   | 1.5   | 1.1  | 14.6 | 16.9  | 12.4 | 272.6 | 1.644.2 |
| 1975 | 493.9 | 655.9 | 650.8 | 391.7 | 30.4  | 41.8  | 8.7   | 6.9  | 1.8  | 20.6  | 9.5  | 77.1  | 2.389.1 |
| 1976 | 505.8 | 586.3 | 717.8 | 535.8 | 246.3 | 49.2  | 5.8   | 5.2  | 5.2  | 26.6  | 1.9  | 230.7 | 2.916.6 |

# ANEXO 9

## ESTACION PICHILINGUE

### Datos de Lluvia

| AÑO  | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J    | A   | S    | O   | N    | D     | ANUAL  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|-----|------|-------|--------|
| 1977 | 398.0 | 326.4 | 667.3 | 217.0 | 34.9  | 125.6 | 3.0  | 0.9 | 30.7 | 6.5 | 0.2  | 156.6 | 1967.1 |
| 1978 | 316.2 | 371.6 | 285.9 | 281.7 | 184.4 | 6.3   | 4.4  | 0.9 | 12.9 | 3.3 | 14.5 | 67.2  | 1549.3 |
| 1979 | 164.3 | 347.1 | 352.4 | 249.5 | 29.7  | 23.7  | 0.2  | 0.9 | 7.6  | 9.4 | 1.0  | 8.2   | 1194.0 |
| 1980 | 338.2 | 478.1 | 380.3 | 513.6 | 206.6 | 0.8   | 0.0  | 1.4 | 3.0  | 6.4 | 5.9  | 51.5  | 1985.8 |
| 1981 | 246.3 | 464.0 | 441.3 | 206.2 | 9.0   | 1.3   | 13.3 | 1.3 | 8.6  | 1.3 | 55.1 | 93.2  | 1540.9 |

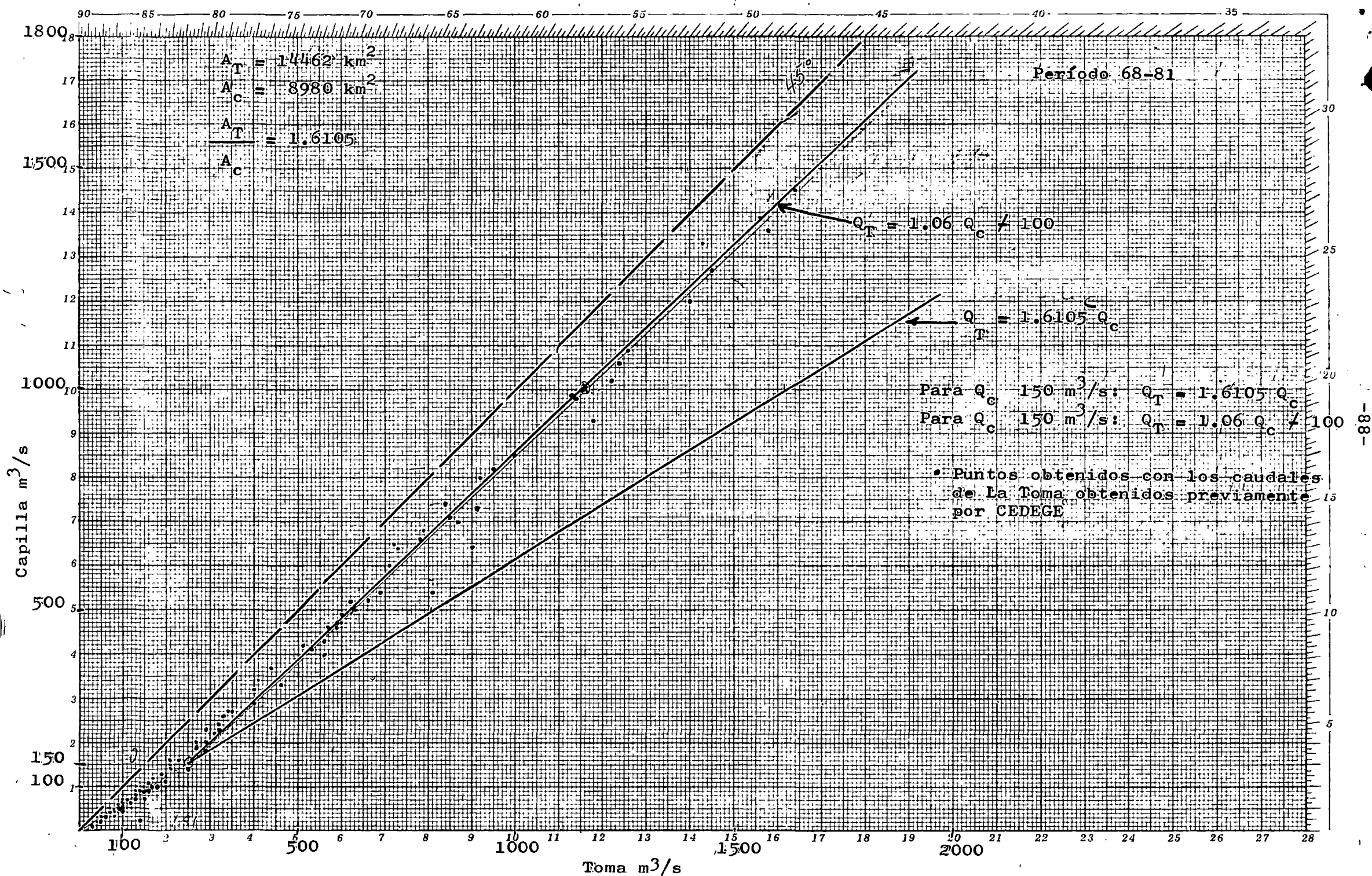
ANEXO 10

AFOROS SIMULTANEOS EN JUNIO 84 (m<sup>3</sup>/s)

| ESTACION    |   | DIA 19 | DIA 20 | DIA 21 | DIA 22 | DIA 27 |
|-------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| Daule       | H |        | 9:35   |        |        |        |
| Sitio       |   |        |        |        |        |        |
| Presa "D"   | Q |        | 36.60  |        |        |        |
| Daule en    | H |        | 11:30  |        |        |        |
| Sitio       |   |        |        |        |        |        |
| Presa "50"  | Q |        | 52.77  |        |        |        |
| Daule en    | H |        | 13:40  |        |        |        |
| Sitio       |   |        |        |        |        |        |
| Presa "100" | Q |        | 72.58  |        |        |        |
| Daule en    | H |        | 16:20  |        |        | 8:00   |
| Sitio       |   |        |        |        |        |        |
| Presa "B"   | Q |        | 52.42  |        |        | 44.91  |
| Daule       | H |        |        | 8:10   |        | 10:20  |
| Pichincha   | Q |        |        | 52.94  |        | 45.73  |
| Congo en    | H |        |        | 11:00  |        | 12:45  |
| Puente      |   |        |        |        |        |        |
| Carretero   | Q |        |        | 3.23   |        | 2.70   |
| Daule en    | H |        |        | 14:30  |        |        |
| Balzar      | Q |        |        | 59.14  |        |        |
| Pula en     | H |        |        |        | 10:00  | 15:15  |
| Hacha       | Q |        |        |        | 6.97   | 5.54   |
| Colimes     | H | 14:45  | 12:45  | 9:40   | 9:20   | 15:53  |
| en A.J.     |   |        |        |        |        |        |
| Daule       | Q | 7.33   | 7.36   | 6.94   | 6.88   | 6.30   |
| Daule en    | H |        | 14:30  | 11:30  | 12:10  | 17:30  |
| Capilla     | Q |        | 72.86  | 71.30  | 76.08  | 65.93  |
| Magro en    | H |        | 18:70  | 16:10  | 16:20  | 12:00  |
| Las Cañas   | Q |        | 1.66   | 1.60   | 9.13   | 1.38   |
| Pula en     | H |        | 16:35  | 14:00  | 14:20  | 13:30  |
| Yurima      | Q |        | 43.19  | 43.98  | 50.81  | 36.62  |

H = Hora

## RÍO DAULE: RELACION DE CAUDALES MENSUALES ENTRE CAPILLA Y LA TOMA





## ANEXO 12

## LLUVIA MENSUAL EN ESTACION GUAYAQUIL

Latitud: 02°09'30" S

Longitud: 79°53'20" O

Altitud: 7 m.s.n.m.

DESCRIPCION: Meteorológica de Primer Orden  
 ANTECEDENTES: Instalada en 1915 por la D.A.C.  
 DATOS DISPONIBLES: Hasta junio de 1983

| AÑO  | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J    | A   | S    | O    | N    | D     | ANUAL   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|------|-------|---------|
| 1915 | 436.1 | 425.4 | 366.2 | 108.5 | 113.4 | 37.6  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 11.9 | 23.4  | 1.522.5 |
| 1916 | 160.8 | 112.8 | 144.0 | 42.9  | 30.2  | 13.2  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 4.6  | 14.2  | 522.7   |
| 1917 | 169.4 | 236.5 | 348.7 | 441.7 | 31.8  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 14.2 | 0.0  | 27.9  | 1.270.2 |
| 1918 | 85.8  | 437.1 | 173.0 | 119.1 | 137.7 | 155.4 | 0.0  | 3.0 | 58.2 | 23.4 | 0.0  | 120.6 | 1.313.3 |
| 1919 | 121.7 | 486.9 | 485.6 | 88.4  | 109.5 | 18.0  | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.0   | 1.313.1 |
| 1920 | 248.7 | 222.2 | 315.0 | 219.5 | 49.8  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 90.4  | 1.145.6 |
| 1921 | 301.8 | 232.9 | 136.4 | 148.6 | 13.2  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 17.0  | 849.9   |
| 1922 | 378.5 | 363.2 | 221.0 | 158.8 | 29.2  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 68.6  | 1.219.3 |
| 1923 | 370.3 | 381.0 | 215.9 | 159.8 | 19.6  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 65.0  | 1.211.6 |
| 1924 | 482.6 | 130.8 | 161.3 | 215.9 | 12.7  | 3.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 47.8  | 1.054.9 |
| 1925 | 539.8 | 508.0 | 489.0 | 596.9 | 187.3 | 171.4 | 19.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 12.7 | 95.2  | 2.619.3 |
| 1926 | 304.8 | 412.8 | 609.6 | 120.6 | 25.4  | 6.4   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.479.6 |
| 1927 | 203.2 | 247.6 | 368.3 | 25.4  | 19.0  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0  | 25.4 | 0.0  | 0.0   | 888.9   |
| 1928 | 101.6 | 400.0 | 482.6 | 133.4 | 127.0 | 57.2  | 0.0  | 0.0 | 12.7 | 0.0  | 31.8 | 44.4  | 1.390.7 |

|      |       |       |       |       |       |       |      |     |     |      |      |       |         |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|------|------|-------|---------|
| 1929 | 330.2 | 666.8 | 520.7 | 279.4 | 50.8  | 0.0   | 0.0  | 6.4 | 0.0 | 0.0  | 69.8 | 25.4  | 1.949.5 |
| 1930 | 115.6 | 489.2 | 187.4 | 184.2 | 57.4  | 3.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 32.0 | 4.1  | 203.0 | 1.276.7 |
| 1931 | 183.4 | 320.8 | 302.8 | 260.6 | 30.5  | 1.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 8.1  | 32.5  | 1.140.5 |
| 1932 | 507.2 | 223.8 | 515.9 | 506.0 | 148.6 | 31.5  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 8.9  | 23.6  | 1.965.5 |
| 1933 | 401.8 | 482.8 | 405.1 | 386.1 | 17.0  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 3.0  | 0.0  | 0.0   | 1.695.8 |
| 1934 | 219.2 | 296.2 | 380.5 | 137.7 | 4.1   | 5.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.043.5 |
| 1935 | 0.0   | 153.2 | 552.2 | 151.4 | 9.9   | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 15.2  | 881.9   |
| 1936 | 274.3 | 457.7 | 188.2 | 135.1 | 79.5  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.134.8 |
| 1937 | 43.9  | 201.2 | 271.0 | 5.3   | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 521.4   |
| 1938 | 47.8  | 331.5 | 182.4 | 80.8  | 3.8   | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 2.8   | 649.1   |
| 1939 | 354.6 | 458.2 | 525.5 | 570.2 | 109.7 | 64.3  | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 37.2  | 2.119.7 |
| 1940 | 262.1 | 271.8 | 139.8 | 198.4 | 139.7 | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.011.8 |
| 1941 | 163.8 | 122.9 | 331.2 | 413.5 | 363.0 | 126.0 | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 99.3  | 1.619.7 |
| 1942 | 170.7 | 195.8 | 53.6  | 167.1 | 47.5  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 4.8  | 5.1   | 644.6   |
| 1943 | 155.0 | 394.2 | 486.8 | 257.4 | 28.0  | 4.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 3.0  | 5.0  | 119.0 | 1.453.2 |
| 1944 | 138.0 |       | 586.0 | 102.0 | 5.0   | 4.0   | 0.1  | 0.1 | 0.1 | 0.1  | 2.0  | 14.0  |         |
| 1945 | 438.0 | 360.0 | 151.0 | 91.0  | 4.0   | 0.1   | 7.0  | 0.1 | 0.1 | 0.0  | 0.1  | 97.0  | 1.148.4 |
| 1946 | 201.0 | 227.0 | 186.0 | 94.0  | 21.0  | 0.1   | 0.0  | 0.1 | 0.0 | 4.0  | 0.1  | 0.1   | 733.4   |
| 1947 | 124.0 | 352.0 | 483.0 | 129.6 | 10.0  | 2.0   | 2.0  | 1.0 | 3.0 | 13.0 | 8.0  | 6.0   | 1.133.6 |
| 1948 | 297.0 | 258.0 | 97.0  | 147.0 | 18.0  | 1.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 4.0  | 0.0  | 0.0   | 822.0   |
| 1949 | 247.7 | 411.9 | 274.5 | 281.0 | 38.8  | 0.1   | 1.5  | 2.5 | 0.1 | 0.6  | 0.1  | 0.9   | 1.259.7 |
| 1950 | 172.5 | 280.0 | 119.0 | 23.7  | 0.5   | 1.0   | 0.0  | 0.0 | 0.8 | 0.2  | 0.6  | 79.7  | 678.0   |
| 1951 | 243.7 | 51.4  | 55.2  | 100.0 | 71.0  | 43.2  | 94.2 | 5.0 | 0.0 | 7.0  | 7.5  | 74.4  | 752.6   |
| 1952 | 162.4 | 179.7 | 111.3 | 83.0  | 9.3   | 9.8   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 3.5  | 1.1  | 0.1   | 560.2   |
| 1953 | 155.5 | 517.2 | 388.5 | 562.9 | 131.5 | 3.9   | 2.0  | 0.0 | 0.4 | 0.0  | 2.9  | 0.0   | 1.764.8 |
| 1954 | 75.2  | 168.9 | 132.4 | 61.2  | 0.0   | 0.0   | 0.1  | 0.8 | 0.0 | 1.8  | 0.0  | 11.2  | 451.6   |
| 1955 | 273.6 | 215.0 | 236.9 | 48.4  | 1.8   | 1.9   | 0.0  | 0.0 | 0.1 | 0.1  | 0.5  | 30.8  | 809.1   |
| 1956 | 259.3 | 192.6 | 176.5 | 82.3  | 16.6  | 0.2   | 0.2  | 0.1 | 0.1 | 0.9  | 0.0  | 1.7   | 730.5   |
| 1957 | 148.0 | 337.1 | 427.2 | 580.3 | 107.8 | 31.1  | 2.4  | 0.1 | 0.1 | 0.1  | 0.3  | 20.5  | 1.655.0 |
| 1958 | 202.2 | 595.3 | 319.6 | 224.0 | 114.4 | 0.2   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 2.0   | 1.457.7 |
| 1959 | 202.4 | 181.7 | 277.5 | 238.4 | 41.2  | T     | T    | T   | 0.0 | T    | T    | 59.5  | 1.000.7 |
| 1960 | 198.2 | 89.6  | 356.8 | 72.3  | 33.9  | 0.0   | T    | 0.5 | T   | 0.5  | T    | 11.0  | 762.8   |
| 1961 | 161.8 | 295.2 | 111.2 | 130.9 | 1.0   | 2.4   | 2.0  | T   | 1.7 | T    |      | 0.4   | 706.6   |
| 1962 | 187.7 | 160.9 | 167.9 | 50.3  | 48.4  | 2.7   | 0.0  | 0.0 | T   | 0.0  | T    | T     | 617.9   |
| 1963 | 51.8  | 253.5 | 186.0 | 68.2  | 17.8  | T     | 0.0  | 0.0 | 0.0 | T    | 0.0  | 20.6  | 597.9   |
| 1964 | 266.9 | 95.3  | 299.1 | 177.1 | 12.6  | 4.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | T    | 0.4  | T     | 855.4   |
| 1965 | 122.8 | 126.6 | 433.7 | 385.1 | 207.5 | 14.7  | 0.0  | 0.0 | 2.2 | 0.0  | 5.6  | 34.0  | 1.332.0 |
| 1966 | 519.3 | 175.1 | 173.9 | 49.8  | 12.4  | 1.7   | 0.0  | 0.1 | 0.0 | 18.4 | 0.6  | 9.6   | 960.9   |
| 1967 | 502.0 | 365.1 | 116.7 | 10.8  | 11.4  | 0.0   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 8.0  | 0.0  | 0.4   | 1.014.4 |
| 1968 | 90.6  | 137.7 | 131.4 | 23.4  | 0.0   | 0.9   | T    | 0.0 | T   | 11.0 | T    | 1.8   | 396.8   |
| 1969 | 62.0  | 100.8 | 415.0 | 197.5 | 24.8  | 126.6 | T    | T   | 0.0 | 0.0  | T    | 20.3  | 947.0   |
| 1970 | 128.6 | 84.7  | 100.7 | 128.1 | 164.0 | 1.3   | 0.0  | 0.0 | 0.0 | T    | 1.7  | 7.1   | 616.2   |
| 1971 | 95.0  | 65.4  | 429.5 | 54.0  | 7.9   | 3.7   | T    | 0.0 | 1.6 | 0.0  | 0.6  | 2.1   | 659.8   |
| 1972 | 220.4 | 330.4 | 406.9 | 142.7 | 34.6  | 151.6 | 0.0  | 0.0 | 0.4 | 0.7  | 0.6  | 84.8  | 1.373.1 |
| 1973 | 701.3 | 210.2 | 491.6 | 180.7 | 135.7 | 2.9   | 0.0  | 5.5 | 2.7 | 0.0  | 0.0  | 16.3  | 1.746.9 |
| 1974 | 174.4 | 123.7 | 81.3  | 84.1  | 69.3  | 0.3   | 0.2  | 0.0 | 4.3 | 3.4  | 2.3  | 24.4  | 567.7   |
| 1975 | 221.0 | 502.7 | 609.6 | 192.9 | 4.6   | 1.4   | 1.4  | 0.8 | 0.0 | 9.4  | 1.4  | 2.8   | 1.548.0 |
| 1976 | 403.8 | 589.4 | 451.0 | 183.7 | 141.2 | 9.2   | 0.3  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 0.0  | 72.6  | 1.851.2 |
| 1977 | 162.4 | 146.2 | 216.9 | 58.0  | 0.1   | 0.5   | 0.7  | 0.0 |     |      |      | 2.2   |         |

AÑO E F M A M J J A S O N D ANUAL

| AÑO  | E     | F     | M     | A     | M     | J     | J   | A   | S   | O   | N     | D     | ANUAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1978 | 96.9  | 244.1 | 182.1 | 68.9  | 39.6  | 0.0   | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 0.0   | 62.5  | 694.3 |
| 1979 | 65.7  | 64.0  | 78.2  | 190.7 | 14.2  | T     | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0   | 0.0   | 412.9 |
| 1980 | 93.2  | 68.4  | 175.6 | 378.8 | 29.8  | 1.4   | 2.0 | T   | 0.0 | 0.4 | 0.2   | 2.6   | 750.7 |
| 1981 | 117.6 | 399.4 | 230.4 | 95.8  | 0.2   | T     | 0.2 | T   | 0.2 | T   | T     | 44.2  | 888.0 |
| 1982 | 126.8 | 89.8  | 6.7   | 16.0  | 13.8  | 0.0   | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 5.6 | 176.6 | 255.5 | 691.0 |
| 1983 | 610.9 | 543.2 | 830.5 | 606.4 | 579.9 | 269.9 |     |     |     |     |       |       |       |

ANEXO 13

DEMANDAS MENSUALES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA DE RIEGO (M<sup>3</sup>.)  
DE ACUERDO AL CRONOGRAMA DE INCORPORACION AL RIEGO (50.000 HAS.)

| AÑOS |      | HAS.   | ENERO      | FEBRERO    | MARZO      | ABRIL      | MAYO      | JUNIO      | JULIO      | AGOSTO     | SEPTIEMBRE | OCTUBRE    | NOVIEMBRE  | DICIEMBRE  |
|------|------|--------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1    | Inv. | 6.100  | 5'564.420  | 7'709.790  | 7'394.420  | 8'743.130  | 2'989.000 | 6'959.490  | 18'259.130 | 22'036.250 | 23'004.320 | 22'363.576 | 5'532.090  | 7'446.880  |
|      | Ver. | 6.100  |            |            |            |            |           |            |            |            |            |            |            |            |
| 2    | Inv. | 7.918  | 7'222.799  | 10'007.560 | 9'598.199  | 11'348.869 | 3'031.171 | 9'033.646  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 8.000  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 23'946.400 | 28'900.000 | 30'169.600 | 29'328.800 | 7'255.200  | 9'766.400  |
| 3    | Inv. | 9.756  | 8'899.423  | 12'330.608 | 11'826.223 | 13'983.274 | 3'031.171 | 11'130.620 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 9.985  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 29'888.100 | 36'070.812 | 37'655.432 | 36'606.008 | 9'055.396  | 12'189.688 |
| 4    | Inv. | 11.906 | 10'933.575 | 15'150.154 | 14'432.453 | 16'778.678 | 3'031.171 | 13'583.555 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 9.000  | ---        | 5'085.000  | 24'227.100 | ---        | ---       | 12'042.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 12.405 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 37'131.886 | 44'813.062 | 46'781.736 | 45'477.970 | 11'250.094 | 15'144.024 |
|      |      | 9.000  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 31'283.100 | 39'440.700 | 45'938.700 | 38'918.700 | 5'832.000  | 17'175.600 |
| 5    | Inv. | 14.036 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'999.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 16'013.672 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 10.300 | ---        | 5'819.500  | 27'726.570 | ---        | ---       | 13'781.400 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 14.435 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 43'208.285 | 52'146.437 | 54'437.272 | 52'920.153 | 13'091.101 | 17'622.248 |
|      |      | 10.300 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 35'801.770 | 45'137.690 | 52'574.290 | 44'540.290 | 6'674.400  | 19'656.520 |
| 6    | Inv. | 16.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 18'254.400 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 12.100 | ---        | 6'836.500  | 32'571.990 | ---        | ---       | 16'189.800 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 4.600  | ---        | 2'599.000  | 12'382.740 | ---        | ---       | 6'154.800  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 15.742 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 47'120.528 | 56'867.975 | 59'366.230 | 57'711.746 | 14'276.419 | 19'217.833 |
|      |      | 12.100 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 42'058.390 | 53'025.830 | 61'762.030 | 52'324.030 | 7'840.800  | 23'091.640 |
|      |      | 4.600  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 15'989.140 | 20'158.580 | 23'479.780 | 19'891.780 | 2'980.800  | 8'778.640  |
| 7    | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 12.900 | ---        | 7'288.500  | 34'725.510 | ---        | ---       | 17'260.200 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 6.200  | ---        | 3'503.000  | 16'689.780 | ---        | ---       | 8'295.600  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'412.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.539 |
|      |      | 12.900 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 44'839.110 | 56'531.670 | 65'845.470 | 55'783.470 | 8'359.200  | 24'618.360 |
|      |      | 6.200  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 21'550.580 | 27'170.260 | 31'646.660 | 26'810.660 | 4'017.600  | 11'832.080 |
| 8    | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 14.600 | ---        | 8'249.000  | 39'301.740 | ---        | ---       | 19'534.800 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 8.150  | ---        | 4'604.750  | 21'938.985 | ---        | ---       | 10'904.700 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'412.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.539 |
|      |      | 14.600 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'748.140 | 63'981.580 | 74'522.780 | 63'134.780 | 9'460.800  | 27'862.640 |
|      |      | 8'150  | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 28'328.585 | 35'715.745 | 41'600.045 | 35'243.045 | 5'281.200  | 15'553.460 |
| 9    | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 15.760 | ---        | 8'904.400  | 42'424.344 | ---        | ---       | 21'086.880 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 10.000 | ---        | 5'650.000  | 26'919.000 | ---        | ---       | 13'380.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'912.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.531 |
|      |      | 15.760 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 54'780.184 | 69'065.048 | 80'443.768 | 68'150.968 | 10'212.480 | 30'076.384 |
|      |      | 10.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 34'759.000 | 43'823.000 | 51'043.000 | 43'243.000 | 6'480.000  | 19'084.000 |
| 10   | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 16.775 | ---        | 9'477.875  | 45'156.622 | ---        | ---       | 22'444.950 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 11.844 | ---        | 6'691.860  | 31'882.863 | ---        | ---       | 15'847.272 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'412.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.531 |
|      |      | 16.775 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 58'308.222 | 73'513.082 | 85'624.632 | 72'540.132 | 10'872.200 | 32'013.410 |
|      |      | 11.844 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 41'168.559 | 51'903.961 | 60'455.329 | 51'217.009 | 7'674.912  | 22'603.089 |
| 11   | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.154 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 16.775 | ---        | 9'477.875  | 45'156.622 | ---        | ---       | 22'444.950 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 13.544 | ---        | 7'652.360  | 36'459.093 | ---        | ---       | 18'121.872 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'412.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.531 |
|      |      | 16.775 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 58'308.222 | 73'513.082 | 85'624.632 | 72'540.132 | 10'872.200 | 32'013.410 |
|      |      | 13.544 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 47'077.589 | 59'353.871 | 69'132.639 | 58'568.319 | 8'776.512  | 25'847.369 |
| 12   | Inv. | 17.000 | 10'933.575 | 15'150.159 | 17'499.628 | 20'693.232 | 3'031.171 | 19'395.936 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      | Ver. | 16.775 | ---        | 9'477.875  | 45'156.622 | ---        | ---       | 22'444.950 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 16.225 | ---        | 9'167.125  | 43'676.077 | ---        | ---       | 21'709.050 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        | ---        |
|      |      | 17.000 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 50'885.539 | 61'412.169 | 64'110.528 | 62'324.790 | 15'417.216 | 20'753.531 |
|      |      | 16.775 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 58'308.222 | 73'513.082 | 85'624.632 | 72'540.132 | 10'872.200 | 32'013.410 |
|      |      | 16.225 | ---        | ---        | ---        | ---        | ---       | ---        | 56'396.477 | 71'234.286 | 82'970.396 | 70'291.496 | 10'533.240 | 31'021.042 |

## ANEXO 14

### PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL MODELO DE SIMULACION PARA LA OPERACION PROBABILISTICA DEL EMBALSE\*

El modelo es básicamente el de CEDEGE, que está descrito en la referencia 11 del Anexo 1, con algunas modificaciones para permitir realizar las simulaciones probabilísticas. Las principales modificaciones introducidas son las siguientes:

#### 1. Subrutina GENER

Esta subrutina genera, para dos sitios en forma correlacionada, el número de series de valores mensuales de la duración que se indique. Utiliza para el efecto el modelo bivariado que se describe en el párrafo 4.2 b) del presente informe. Al generar cada par de series, envía los valores correspondientes al programa general, para efectuar la simulación de la operación del embalse.

2. El programa imprime, si se desea, los valores numéricos de los déficit mensuales para cada año y para cada uso en cada simulación.
3. Acepta un valor de potencia o energía firme como requerimiento, el cual trata de satisfacer en la simulación. Si no es posible, calcula el déficit. Si el requerimiento de riego u otro uso es mayor que el de esta potencia o energía firme, turбина la diferencia como energía o potencia secundaria, hasta un valor máximo de potencia instalada, cuyo valor es 130 MW (este valor puede variarse). Lo mismo hace con los desbordes del embalse, cuando éste ha llegado a su nivel máximo de operación.
4. Calcula la generación media anual, para cada año.
5. Para cada uno de los meses y cada uno de los años del horizonte de simulación, calcula la curva de frecuencias acumuladas de suministro y déficit, para cada uso. Imprime las correspondientes a los meses y años que se especifiquen. Para generación lo hace con la total generada en el caso del suministro y con la generación firme en el caso del déficit.

6. Para cada uso, incluyendo energía, acepta cualquier configuración de requerimiento, ya que éstos se le pueden dar mes por mes para cada año del horizonte de simulación.
7. Acepta, si así se especifica, que el nivel mínimo de operación del embalse para riego, sea el mismo que para energía.
8. Acepta requerimientos variables de volúmenes de dilución para aguas de retorno de riego.
9. Escribe, si se requiere, el detalle de la simulación mes por mes para cada año, para cada uso.

\* La adaptación de este programa fue hecha en colaboración con el Ingeniero Jacinto Rivero, de CEDEGE.

## CONCENTRACIONES CARACTERISTICAS DE PESTICIDAS EN LA ESCORRENTIA

Table 6. Characteristic concentrations of pesticides in runoff: maxima and rates of decrease

| Pesticide                       | Application rate | Runoff occurrence giving maximum concentration |                        | Maximum concentration |                   | Runoff occurrence giving reduced concentration |                        | Reduced concentration |             | Citation                       |
|---------------------------------|------------------|--|------------------------|-----------------------|-------------------|--|------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------------|
|                                 |                  | Number after application                       | Days after application | In water              | In sediment       | Number after application                       | Days after application | In water              | In sediment |                                |
|                                 | lb/A             |  |                        | ppb                   | ppb               |  |                        | ppb                   | ppb         |                                |
| <u>Chlorinated Insecticides</u> |                  |  |                        |                       |                   |  |                        |                       |             |                                |
| DDT                             | 1.5              |  |                        | 70.0                  | 30,000            |  |                        | 1.0                   | 10,000      | Haan (77)                      |
| DDT                             | 0.65             | 1st  | 1                      |                       | 83.0 <sup>1</sup> | 5th  | 46                     | 7.0 <sup>1</sup>      |             | Epstein and Grant (63)         |
| Dieldrin                        | 1.5              |  |                        | 70.0                  | 30,000            |  |                        | 1.0                   | 30,000      | Haan (77)                      |
| Dieldrin                        | 5.0              | 1st  | 13                     | 20.0                  |                   | 3rd  | 18                     | 6.7                   |             | Caro <i>et al</i> (34)         |
| Dieldrin                        | 5.0              | 1st  | 13                     |                       | 14,200            | 10th   | 82                     |                       | 5,000       | Caro <i>et al</i> (34)         |
| Endosulfan                      | 0.31             | 2nd  | 4                      |                       | 19.0 <sup>1</sup> | 3rd  | 14                     | 2.0 <sup>1</sup>      |             | Epstein and Grant (63)         |
| Endrin                          | 0.3              | 1st  | 2                      | 2.73                  |                   | 3rd  | 27                     | 0.53                  |             | Willis and Hamilton (169)      |
| Endrin                          | 0.3              | 1st  | 6                      | 5.02                  |                   | 3rd  | 23                     | 2.88                  |             | Willis and Hamilton (169)      |
| Endrin                          | 0.25             | 1st  | 1                      |                       | 49.0 <sup>1</sup> |  |                        | 8.0 <sup>1</sup>      |             | Epstein and Grant (63)         |
| Methoxychlor                    | 20.0             | 2nd  | 18                     | 8.8                   |                   | 4th  | 33                     | 1.0                   |             | Edwards and Glass (59)         |
| <u>Other Insecticides</u>       |                  |  |                        |                       |                   |  |                        |                       |             |                                |
| Carbaryl                        | 4.5              | 1st  | 17                     | 248                   | 12,200            | 3rd  | 29                     | 8.4                   | 80.0        | Caro, Freeman, and Turner (36) |
| Carbaryl                        | 1.5              |  |                        | 1220                  |                   |  |                        |                       |             | Fahey (68)                     |
| Phorate                         | 0.67             |  |                        | 19.0                  |                   |  |                        |                       |             | Fahey (68)                     |
| <u>Herbicides</u>               |                  |  |                        |                       |                   |  |                        |                       |             |                                |
| Atrazine                        | 8.0              | 1st  | 24                     | 4600                  | 6,200             | 2nd  | 35                     | 980                   | 3,300       | Hall, Pawlus, and Higgins (81) |
| Atrazine                        | 1.0              | 1st  | 24                     | 700                   | 950               | 2nd  | 35                     | 180                   | 550         | Hall, Pawlus, and Higgins (81) |
| Fluometuron                     | 4.0              | 1st  |                        | 870                   |                   |  |                        |                       |             | Wiese (167)                    |
| Picloram                        | 3.0              | 3rd  | 86                     | 19.0                  |                   | 4th  | 197                    | 9.0                   |             | Bovey <i>et al</i> (26)        |
| Picloram                        | 2.0              | 1st  | 30                     | 14.4                  |                   | 3rd  | 98                     | <1.0                  |             | Baur, Bovey, and Merkle (19)   |
| Picloram                        | 1.0              | 3rd  | 6                      | 89.7                  |                   | 8th  | 30                     | 1.0                   |             | Baur, Bovey, and Merkle (19)   |
| Picloram                        | 0.25             | 1st  | 10                     | 17.0                  |                   | 2nd  | 20                     | <1.0                  |             | Baur, Bovey, and Merkle (19)   |
| 2, 4, 5-T                       | 3.0              | 3rd  | 86                     | 287                   |                   | 4th  | 197                    | 6.0                   |             | Bovey <i>et al</i> (26)        |
| 2, 4, 5-T                       | 1.2              | 3rd  | 22                     | 380                   |                   | 5th  | 38                     | 50                    |             | Edwards and Glass (59)         |

<sup>1</sup> Water-sediment mixture.

Fuente: Referencia (11)