BIBLIOTECA IREN

HIDROLOGIA DE LA PROVINCIA DE AYSEN

1.- INTRODUCCION.-

1.- Significado del término " hidrología "
2.- El agua como materia prima
3.- Recursos para el desarrollo y limitaciones para el desarrollo.

2.- RECURSOS HIDROLOGICOS PARA LA HIDROELECTRICIDAD.-

1.- Equipamiento hidrométrico actual.-
2.- Río Cisnes
3.- Río Aysén
4.- Río Baker
5.- Río Bravo
6.- Río Pascua
7.- Potencial total disponible en Aysén
8.- Limitaciones al desarrollo
- falta de consumo local
- distancia a otros centros de consumo
- exportación
- creación de consumos industriales locales (aluminio, agua pesada)

3.- LAS CRECIDAS, LIMITACION PARA EL DESARROLLO

1.- Grandes crecidas en el mundo.-
2.- La escorrentía y sus factores; volumen de crecida
- definición de escorrentía V'/V
- altura total e intensidad de lluvia
- permeabilidad del terreno
- preexistencia de nieve
- características topográficas de la cuenca
- temperatura y evaporación
- circunstancias extraordinarias sobre escorrentías normalmente bajas
3.- El factor de forma del hidrograma
- isócronas y velocidad de concentración
- tamaño de la cuenca, $Q = KA^n$; n 1
- propagación de la crecida en el lecho

4.- La crecida de Mayo de 1966
- estaciones hidrométricas
- valores en Aysén
- proveniencia de la crecida
- lluvias.-

5.- La frecuencia de las crecidas
- definición
- dificultades

6.- Medidas para contrarrestar las crecidas
- presas
- dimensionamiento de obras
- diques
- forestación
- pronósticos.-

7.- Conclusiones

-Equipamiento hidrometeorológico
-Equipamiento hidrométrico
-Servicio de pronósticos y advertencia

Intervención efectuada por el señor Wulf Klohn, del Departamento Hidrológico del Ministerio de Obras Públicas.

Seminario de Recursos Naturales Renovables en la Provincia de Aysén.-

HIDROLOGIA DE LA PROVINCIA DE AYSEN

1. INTRODUCCION:

Etimológicamente, la palabra hidrología significa - " el estudio de las aguas". Este sería un concepto muy amplio, y conforme al empleo usual de la palabra, su alcance se restringe al estudio de las aguas que se precipitan sobre la superficie terrestre, permitiendo el desarrollo de la vida sobre esta superficie y escurren luego, superficial o subterraneamente, en dirección al mar o a cuencas interiores. Corresponde a la oceanografía el estudio del agua contenida en las cuencas marinas, a la meteorología el del agua en su ciclo atmosférico, a la glaciología el del agua comprendida en su fase sólida, y aún a otras ciencias el del agua comprendida en los organismos animales o vegetales

El agua conforma una parte muy importante en todos los organismos vivos y es por esta razón que se puede designar - como la más preciosa de las materias primas. La función del agua, no se limita, sin embargo, a permitir la existencia misma del hombre y sus alimentos, sino que además es un portador de recursos enérgéticos, abre vías de navegación y transporte, en grandes masas actúa como regulador climático, y entre otras funciones, no deja de ser, por último, una fuente de diversión y recreo.

Hay regiones en Chile en las que el agua para la bebida y el consumo de grandes ciudades, se transporta en cañerías cuya longitud se mide en cientos de kilómetros y donde la construcción de estas cañerías y acueductos, necesarias para la vida de las poblaciones y de industrias vitales para el país, significa a la vez una tragedia para los pobladores radicados ancestralmente en torno a las fuentes de agua. Afortunadamente en la Provincia de Aysén existen abundantes recursos de agua, los que aquí, como en otras partes del mundo tales como las áreas septentrionales de Europa, Asia y América, vienen a compensar a la población por los largos períodos lluviosos. Algunas de las grandes cuencas industriales del mundo, a pesar de un clima más bien frío y lluvioso, se han desarrollado en torno a la abundancia de agua y energía, gracias a la laboriosidad e ingenio de sus habitantes.

Este Seminario se ha llamado de Recursos Naturales Renovables. Se ha pensado, en esta forma hacer una revista de los recursos básicos para el desarrollo económico de la región. Muchas veces, sin embargo, no basta hablar de los recursos para el desarrollo, sino que hay que hablar de las limitaciones al desarrollo. Así, mientras en Antofagasta el hidrólogo tiene que inventariar hasta la última vertiente, en cantidad y calidad, en Aysén tendrá que entregar un largo capítulo al problema de las inundaciones.

2.- RECURSOS HIDROLOGICOS PARA LA HIDROELECTRICIDAD

La Provincia de Aysén está ricamente dotada de recursos de agua aptos para la producción de energía hidroeléctrica. Las estimaciones antiguas, hechas desde la expedición de reconocimiento de la CORFO en 1947, se pueden corregir actualmente, conforme a las informaciones hidrométricas disponibles por la instalación de limnígrafos y la realización sistemática de aforos a - contar de 1962. Pasaremos una breve revista a las principales corrientes de agua de la Provincia:

1).- RIO CISNES. La cuenca de este río que nace en la frontera argentina y desemboca en el estuario Puyuhuapi, se desarrolla totalmente en territorio chileno, Los gastos medidos en una estación varían entre estiajes inferiores a 50 m3/s y máximas instantáneas próximas a la desembocadura, que se pueden estimar en más de 2.000 m3s. Considerando un valor medio aprovechable de 250 m3/s y un desnivel de 110 m. se podría instalar una potencia media de 220.000 KW. La estimación antigua de 400.000 KW, se basa en un gasto medio de 460 m3/s

2).- RIO AYSEN. El río Aysén, cuya hoya comprende la parte más desarrollada y poblada de la provincia, cuenta con tres afluentes principales: el Mañihuales, el Simpson y el Blanco. Estos tres afluentes están dotados de estaciones hidrométricas, próximas a su desembocadura. El caudal medio aprovechable del rio Aysén se puede estimar en 600 m3/s, con un desnivel del orden de 120 m; esto daría una potencia instalable de 600.000 KW. La estimación antigua del potencial bruto basaba en 1.160 m3/s, pero este es un valor dificilmente aprovechable por la gran variabilidad de los gastos. En estiaje el Río Mañihuales baja a 50 m3/s y el Simpson a 20 m3/s. El Río Blanco cuya hoya se encuentra regulada por lagos en más de un 70% , raras veces baja de 200 m3/s.

De la hoya del Río Simpson, 410 km2, se encuentran en territorio argentino. Este es un río relativamente poco potente, circunstancia explicable por encontrarse la mayor parte de su cuenca tributaria en la zona de clima estepario transandino. Los estudios realizados contemplan la construcción de una central de pie de tranque 6 kilómetros aguas abajo de Coyhaique, con una potencia instalable de 15.000 KW. Otras posibles centrales aprovecharían las aguas de los lagos Portales y Riesco, en la hoya del Río Blanco.

3).- RIO BAKER.- El río Báker nace del sistema del Lago General Carrera, el tercero del continente por su extensión. Los principales afluentes son los ríos Ibáñez, Murta y Leones, de los cuales el principal es el río Ibáñez. En su curso inferior se han establecido posibilidades hidroeléctricas de interés.

Se dispone actualmente de algunos años de estadística hidrométrica del Río Baker en el desagüe del Lago Bertrand y de un registro de niveles del Lago, que permiten establecer provisoriamente un gasto medio de 600 m3/s para el Río Baker en este lugar.

Este caudal es muy regular y eso baja de 400 m3/s. La estimación de potencia bruta del Río Baker se hizo considerando un caudal medio de 3.180 m3/s y una caída aprovechable de 170 m, con lo que se podrían instalar 4.300.000 KW. Una estimación más realista concibe la posibilidad de construír la central El Saltón con casi un millón de KW. como principal desarrollo posible del Baker.

4).-RIO BRAVO.- Nace en la frontera argentina y desemboca al mar en el Fiordo Michell. Su caudal medio se estima en 210 m3/s y se considera que existe una potencia media aprovechable de 516.000 KW con una altura de caída de 300 metros. No se dispone de mediciones del gasto de este río.

5.)- RIO PASCUA El Río Pascua nace del brazo Norte Occidental del Lago O"Higgins y desemboca en el Fiordo Calen recibiendo las aguas del Lago Cuetro en su curso medio. La estimación de su potencia bruta en 3.400.000 KW. se hizo considerando un gasto medio de 1.650 m3/s aprovechando una caída semejante a 250 m. De acuerdo a las mediciones más modernas, el gasto medio en el desagüe del Lago O" Higgins sería del orden de 500 m3/s existiendo la posibilidad de aprovechar tres cascadas que suman en total 73 m. Esto permite concretamente instalar unos 300.000 KW.

Según estimaciones globales, el potencial instalable en la Provincia de Aysén era de catorce millones de KW. Una revisión más rigurosa de los antecedentes disponibles respecto a caudal y desniveles, reduce esta cifra a unos 3.000.000 de KW. Esta cifra no debe desanimar a los ayseninos, por cuanto representa unas tres veces el potencial total instalable en Chile actualmente, En verdad, volviendo a las consideraciones de tipo general que hacíamos al principio. Los recursos hidrológicos para el desarrollo hidroeléctrico están disponibles en abundancia; mayor discusión merecen las limitaciones que se oponen al desarrollo de estos recursos. Estas limitaciones se refieren al empleo que se podría dar a la energía eléctrica generada en la zona. Los consumos servidos actualmente son del orden de algunos miles de KW.- La Central Puerto Aysén se está ampliando de 2.000 a 4.000 KW.- Mientras que contamos con disponibilidades de varios millones. La distancia de transmisión desde el Baker hasta Puerto Montt es de unos mil kilómetros, la que no es mayor que la distancia de transmisiones de energía en otros países, pero las condiciones de topografía y clima no justifican aun el empleo de esta fuente de energía en los planes de Chile a corto plazo. En los planes a largo plazo, se contempla comenzar hacia 1990 el desarrollo de unos 2.000.000 de KW. del potencial del Sur Grande.

Una segunda posibilidad para emplear estas reservas de energía, sería su exportación hacia la Argentina. Sin embargo, al otro lado de la frontera, no existen tampoco industrias o centros de consumo desarrollados, existiendo sí, una abundante oferta de energía a través de los gases naturales de los yacimiento petrolíferos de la región de Comodoro Rivadavia.

Otra posibilidad radicaría en el desarrollo local de industrias consumidoras de energía, como refinerías de aluminio o de destilación de agua pesada. - Frente a esta posibilidad se observan dificultades en el abastecimiento de materia prima y de mercado para la colocación del producto. Por último no se descarta que la investigación tecnológica termine por inventar algún tipo de " comprimido de energía" , que permita almacenar gran cantidad de energía en un pequeño volumen, para liberarla despues de su transporte.

3.- LAS CRECIDAS, LIMITACION PARA EL DESARROLLO

En todos los valles inundables donde el hombre se ha establecido, las crecidas amenazan cultivos, casas, vías de comunicación y la vida de las personas. Las catástrofes más colosales de este tipo, son las que causa en China el Hoang-ho. El inmenso y fertil llano de la -

cuenca inferior de este río está al nivel inferior al lecho en permanente proceso de peralte por sedimentación. Las masacres producidas en esta región superpoblada son indescriptibles: en 1887, según se calcula, perecieron varios cientos de miles de personas. En otras cuencas las crecidas no son tan mortíferas, pero sí muy costosas, dependiendo del grado de desarrollo económico de los terrenos inundados. Se calcula que la crecida del Kansas de Julio de 1951, que sólo cobró 19 vidas, costó aproximadamente mil millones de dólares. El caso general es que las grandes crecidas ponen en peligro la vida humana y provocan perjuicios más o menos costosos.

Entre las causas que pueden provocar crecidas catastróficas, los interesarán por ahora solamente las lluvias. Si se considera el conjunto de las alturas de precipitación N_i que caen sobre un punto dado de una cuenca en un tiempo dado, provocando cada una un gasto de escurrimiento Q_i, está claro que todos los Q_i obtenidos sobre esa áreas elementales repartidas sobre toda la cuenca no llegarán simultaneamente a la red de avenamiento. Con frecuencia los hidrólogos representan sobre el terreno las isócronas de escurrimiento, cada una de las cuales indica el tiempo que emplea una gota de lluvia para ecurrir de un punto de la isócrona hasta el punto en que se estudiará la crecida, tiempo de concentración, conformándose en esta forma el hidrograma sintético.

A medida que se considera una cuenca más grande, crece la heterogeneidad de la repartición de lluvias y la influencia del depare en el tiempo de concentración se hace más grande. Estos factores actúan en el mismo sentido para disminuir, a igual frecuencia, el gasto específico de crecida e/s/Km². a medida que se considera una hoya más grande.

Una segunda amortiguación de las máximas de crecidas se produce durante la propagación de la crecida en el lecho.

Generalmente se expresa la influencia de la superficie A de una cuenca sobre el gasto máximo de una crecida de frecuencia dada por una relación del tipo:

$$Q = K A^n \qquad n = 1$$

De hecho, parece que los valores de K y n están ligados a las características geográficas y climáticas de la cuenca.

Las crecidas se relacionan con la forma en que se desarrolla el escurrimiento sobre el suelo, vale decir: i) de la cantidad de agua disponible para ese escurrimiento, considerando la intensidad de las lluvias y la capacidad de infiltración, y ii) de la velocidad con que esta agua puede escurrir sobre el suelo. Este último factor con su repartición en el espacio, influye directamente sobre la velocidad de concentración de las aguas en los canales de la red de avenamiento y es el que en definitiva fija la forma típica del hidrograma referido a una lluvia homogenea, por eso se le puede llamar factor forma del hidrograma.

Está claro que todo obstáculo es capáz de modificar el factor de forma. Si se trata de obstáculos agrupados de configuración y densidad determinada, su influencia se traducirá por un aumento general de la rugosidad del suelo frente al escurrimiento, y este es en particular el caso de la vegetación herbácea.

La vegetación arbústiva o forestal tiene igualmente una influencia indirecta sobre ese factor: sus raíces mucho más desarrolladas que las de las hierbas fijan el suelo y permiten la mantención de la vegetación herbácea en lugares en que la pendiente, la fragilidad del suelo y la erosión del suelo desnudo antes de desarrollarse la vida vegetal terminarían por hacerlo desaparecer.

Hay por lo tanto interacción entre el suelo provisto de vegetación y el escurrimiento que genera las crecidas. Esta interacción conduce a un estado de equilibrio: el escurrimiento sobre suelo vegetado es menos violento que sobre el suelo desnudo a causa de la resistencia puramente hidráulica debido a la vegetación; en esta forma se limita la energía cinética de las aguas y por lo tanto sin poder de erosión. Si se deforesta, las primeras lluvias que caigan sobre el suelo inestable lo erosionarán con gran eficacia; la cubierta herbácea tendrá un desarrollo más limitado por una capa de humus más delgada, de donde un escurrimiento más intenso durante las lluvias y mayor erosión. El ciclo es irreversible a menos que se emprendan trabajos de reforestación, y en las condiciones más desfavorables, el fin de la evolución es la desertificación total.

Este esquema está groseramente amplificado; de hecho, intervienen otros fenómenos derivados de la química de los suelos y la ecología vegetal. Bátenos citar la influencia providencialmente benéfica de los géneros trifolium y gunnera mencionada por el profesor Muñoz. Pero la marcha general es tal como la hemos descrito, defendiendo la actividad de la degradación de las pendientes, la naturaleza del suelo y de la vegetación, y el clima. Es posible que existan numerosos estados de equilibrio y que la degradación se manifieste por etapas según la persistencia de la acción humana, sin llegar a la desertificación total. En esta forma, la sábana que sucede al bosque eliminado por acción humana, puede permanecer estable si a continuación su explotación no es abcesiva. En muchas regiones de Aysén, sin embargo, la erosión ya ha conducido a la base rocosa, y la reconquista del terreno para la vegetación, que puede ser un proceso de milenios, recién comienza con la gunnera. Estas regiones, quemadas inutilmente, degradas en poco tiempo hasta la base rocosa lisa y pulida por la acción glaciar, sobre las que el agua no encuentra resistencia alguna a su escurrimiento y no tiene la posibilidad de refiltrarse, son aquellas que más contribuyen a las crecidas violentas y desatrosas de los ríos.

Considerando igualdad en todas la demás condiciones, las crecidas de un rio serán tanto más violentas y devastadoras cuanto la cuenca tributaria esté deforestada. Este es el único punto tocante a la influencia de los bosques sobre los regímenes hidrológicos, sobre el cual todos los especialistas están de acuerdo,

El coeficiente de escurrimiento de una crecida se difiere como la razón V'/V entre el volumen - líquido total contenido en la crecida V' y el volumen líquido total precipitado sobre la hoya. Este coeficiente de escurrimiento, que define el total de agua escurrida en la crecida, depende de los siguientes factores.

1.- El coeficiente de escurrimiento aumenta con la altura total y la intensidad de la lluvia.

2.- El escurrimiento es tanto mayor cuanto más impermeable es el terreno, como en el Valle Simpson.

3.- El escurrimiento es más elevado cuando el suelo ha estado previamente saturado- como en Mayo.

4.- La existencia de una capa de nieve antes de la crecida acelera la saturación y atenúa las érdidas, además, - por fusión, esta nieve se suma al escurrimiento.

5.- Los coeficientes de escurrimiento son más fuertes en las cuencas accidentadas que en las planas.

6.- Los coeficientes de escurrimiento son más considerables cuando, por la baja temperatura, la evaporación es menor.

7.- Cuando el coeficiente de escurrimiento es normalmente bajo, el efecto de lluvia, en circunstancias anormales se puede volver catastrófico.

Para evaluar la crecida de Mayo de - 1966 se dispone de los registros de niveles de agua de tres estaciones hidrométricas explotadas por ENDESA: Río Blanco bajo junto Riesco, Río Simpson antes junta Mañihuales y río Mañihuales antes junta Simpson, que controlan la casi totalidad de la hoya del Río Aysén, con excepción de la parte correspondiente al Río de Los Palos. Este no tiene estación hidrométrica, pero su hoya no alcanza a constituir un 70% del total del Río Aysén y desemboca por lo demás aguas abajo de Puerto Aysén.

Los registros linmigráficos disponibles , abarcan la totalidad de la crecida, salvo en la estación del Río Mañihuales donde el flotador se atascó en los sedimentos depositados durante la fase descendente; ello no constituye, sin embargo, un obstáculo para evaluar en buena forma la crecida. En la extrapolación de la curva de gastos se empleó una ley parabólica y la precisión de las estimaciones de gastos instantáneos máximos se considera mejor que 20%.

La crecida del Río Aysén es un punto situado aguas abajo de la junta con el Río Blanco se desarrolló entre los días 17 y 21 de Mayo y el gasto máximo de aporte, registrado el día 19 de Mayo, hacia mediodía, fué de 9.300 m3/s, o en términos específicos, de 900 litros - por segundo por kilómetro cuadrado de manera tributaria. En los cuatro días de crecida, y descontando un gasto básico que se podría considerar normal, pasaron por el Río Aysén unos 1.600.000,000 de metros cúbicos de agua en la onda de crecida. Esta cantidad de agua bastaría para llenar más de dos veces el embalse Paloma y alimentar durante un año completo un gasto de más de 50 m3/s. Equivale a una lámina de agua de 150 mm. extendida uniformemente sobre 10.500 Kms2 de hoya del Río Aysén. En cuanto al gasto

específico de 900 l/s/Km2 para una hoya de 104 Km2, corresponde a un valor que se presenta en ciertas regiones mediterráneas y tropicales con trombas de agua, en Texas, en Japón, en el Miami River y en la D yugoeslava. Se conocen también valores mayores; por ejemplo, en la crece del río Pecos en 1954 se estimó un gasto específico de 2.300 l/s/Km2 para una hoya de 9.000 km2.

Estos volumenes de agua provenían casi en un 50% del Río Mañihuales, que abarca un 40% de la hoya del Río Aysén. Durante la crecida, el Río Mañihuales evacuó una altura de agua equivalente, referida a su cuenca, de 190 mm y en el clímax de la crecida superó los 4.000 m3/s de gasto. Frente a estas cifras, las que nos proporciona el Río Simpson son más bien modestas: menos de 100 mm. de agua referidas a toda su cuenca. El otro gigante que contribuyó a configurar la crecida es el río Blanco, que escurrió una altura equivalente de agua de 180 mm. aportando un 33% del volumen total a pesar de spolo cubrir un 28% de la hoya. Aunque más del 70% de la hoya del Río Blanco está regulada por lagos, el gasto específico máximo superó los 1.000 l/s/Km2, lo que nos viene a indicar que el poder regulador de estos lagos es insuficiente para absorver crecidas de la magnitud de la que estamos considerando

Toda el agua escurrida proviene, sin duda, de lluvias precipitadas sobre la cuenca en esos días. Desgraciadamente las informaciones que poseemos al respecto son muy insuficientes. A la fecha de la crecida en la Provincia no había ningún pluviógrafo en funcionamiento, lo que desgraciadamente nos impide conocer las intensidades de lluvia que se presentaron en relación con la crecida. En cuanto a pluviómetros, su número es notamente insuficiente: no hay ninguno en las hoyas de los ríos Blanco y Mañihuales. En Puerto Aysén las lluvias acumularons 319 mm. en cuatro días; en Coyhaique tenemos 500 mm. entre las 8 AM del 16 y las 8 AM del 20 de Mayo, culminando con 262 mm en 24 horas, y en Río Cisnes, 258 mm. En la región de clima transandino, como Coyhaique Alto, la lluvia solo alcanzó a 132 mm.

Los bajos rendimientos del Río Simpson se explican porque la mayor parte de su hoya se encuentra en la zona de clima transandino, donde las precipitaciones son mucho menores.

La frecuencia general de las crecidas se define por su número anual medio durante un período largo y caracteriza la violencia del régimen, que es más agitado cuando el clima presenta más lluvias masivas independientes unas de otras. Las crecidas tropicales que son muy numerosas en los pequeños causes, se confunden en una crecida permanente en los grandes cauces colectores. Por otra parte, a medida que el régimen se hace más complejo, aumenta el número de crecidas gracias a la intervención de nuevos factores meteorológicos. La frecuencia de las crecidas está sujeta a notables desigualdades de una decena o treintena de años a otra.

El intervalo medio entre las crecidas muy grandes es el elemento hidrológico más difícil y engañoso de establecer. Estos fenómenos se pueden agrupar de a dos, tres o cuatro en un tiempo inferior al intervalo - medio y luego no presentarse durante tiempos mucho más largos. Las tres grandes crecidas del Río Loira en 1846, 1856 y 1866 fueron el doble de grandes que la más grande que se haya presentado con posterioridad. El Río Ims tuvo sus -

crecidas más fuertes en 1598 y 1606, luego en 1786 y 1787. Se debe considerar también la posibilidad de crecidas gigantescas, superiores a todas las del pasado en 10, 20, 80, 200 o 400%. Estas diferencias se explican por el clima y otros factores locales. Si consideramos períodos de observación muy largos e idénticos para todos los ríos comparados, los límites superiores que la naturaleza fija para las causas únicas, son mucho más elevadas de lo que pudiera creerse. Además, en muchos de los grandes ríos , los factores de crecidas complejas pueden en la actualidad sumarse en forma más desfavorable y perniciosa que en el pasado conocido. Si constatamos ahora que en 36 años de estadística de lluvias en Puerto Aysén, ninguna ha alcanzado la intensidad de la que se registró en Mayo de 1966, esto no representa ninguna garantía para que no se pueda presentar otra mayor.

Para combatir los efectos de las crecidas, no se conoce más que un solo procedimiento radical y efectivo; la retención de las peligrosas masas líquidas por medio de presas. Con frecuencia esta solución es impracticable por la magnitud de los volúmenes totales de agua o por falta de emplazamientos adecuados para las presas Con el objeto múltiple de obtener energía hidroeléctrica, facilitar la navegación y contener las crecidas, la Tennesse Valley Authority ha construído veintiseis presas capaces de contener veintisiete mil hectómetros cúbicos- más de 15 veces el volumen escurrido en la crecida de Aysén.

La destructividad de las crecidas se agrava restringiendo excesivamente los lechos ordinarios de escurrimiento. Esto sucede con frecuencia en los países nuevos donde se desconoce la altitud alcanzada por las crecidas excepcionales. Por ejemplo, en 1903 el Río Kansas destruyó dieciseis de los 17 puentes que lo contaban en la ciudad del mismo nombre y que se habían concebido muy cortos y muy bajos.

La construcción de diques insubmersibles, tiene el inconveniente de exagerar las cercidas aguas abajo del sector donde son eficaces. La insubmersibilidad, por otra parte, es teórica, siempre se puede temer que algún día se produzca una crecida excepcional que arrase con los diques más sólidos. De todas maneras, si los territorios amenazados son extensos fértiles y muy poblados, se establecen sistemas contínuos de diques destinados a ser insubmersibles a cualquier costo. Por ejemplo, en el Mississipi se han construído 4.500 Kms. de diques que garantizan 52 mil Km2 de territorio contra cualquier eventualidad.

La forestación restringe el transporte de materiales sólidos por los cursos de agua, con lo que impide o hace más lento el peralte de los lechos, evitándose así cierto tipo de crecidas por desbordamiento. Pero la forestación no puede reducir decisivamente el coeficiente de escorrentía de las grandes precipitaciones a las que se deben los casos devastadores. En efecto, la intercepción por las hojas y los matorrales suprime o reduce mucho los gastos maximos que resulta de 50 a 80 mm. en 1 a 3 días sobre bosques y terrenos secos, pero no tiene ningun poder contra 300 o más milímetros. Influirá, eso sí, sobre el factor de forma del hidrograma, que depende de la velocidad de concentración del agua.

Un plan de defensa no sólo debe ser tecnicamente aplicable y eficaz, sino que además no puede ser demasiado caro comparado con el riesgo anual de daños. En caso contrario, más vale no malgastar las sumas necesarias para hacer los trabajos. En resumen, en muchos casos los perjuicios son inevitables y la mejor forma de hacerlos menos nefastos es retirar oportunamente los bienes muebles, las personas y el ganado. Para este efecto es necesario un buen sistema de alarma.

Los pronósticos de niveles de aguas abajo según los de aguas arriba son muy exactos para muchos ríos. Su avance respecto a los hechos varía desde algunas horas en cursos de agua rápidos y cortos, a varias semanas para el Mississipi inferior. También se emplea la previsión fundada sobre métodos pluviométricos, pero este método no permite pronósticos muy exactos a causa de las relaciones complejas que existen entre las lluvias y los gastos máximos. Se emplea, afinado por sucesivas aproximaciones, para aquellos cursos en los cuales el pronóstico puramente hidrométrico no otorga tiempo necesario para adoptar medidas de protección.

C O N C L U S I O N E S

1.- Es necesario equipar hidrometeorológicamente a la provincia de Aysén. En una primera etapa se deberían instalar 50 pluviómetros y 10 pluviógrafos.

2.- Para reconocer mejor los recursos de agua, se debe completar la red de estaciones hidrométricas con 10 nuevos limnígrafos en una primera etapa.

3.- Con la asesoría de un hidrólogo experimentado se debe organizar un sistema de advertencia de crecidas.

Coyhaique, Enero de 1967.