

**Comunicación del Académico Correspondiente
Ing. Agr. JORGE A. LUQUE**

LOS CAMINOS DEL AGUA Y LAS INUNDACIONES



Año del Centenario de la Iniciación de los Estudios
de Agronomía y de Veterinaria en la Argentina

SESION ORDINARIA
del
16 de Noviembre de 1983

ACADEMIA NACIONAL
DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

Fundada el 16 de Octubre de 1909

Avenida Alvear 1711

Buenos Aires

MESA DIRECTIVA

Presidente	Dr. ANTONIO PIRES
Vicepresidente	Ing. Arg. EDUARDO POUS PEÑA
Secretario General	Dr. ENRIQUE GARCIA MATA
Secretario de Actas	Dr. ALFREDO MANZULLO
Tesorero	Ing. Agr. DIEGO JOAQUIN IBARBIA
Protesorero	Dr. JOSE MARIA R. QUEVEDO

ACADEMICOS DE NUMERO

Dr. HECTOR G. ARAMBURU
Dr. ALEJANDRO BAUDOU
Ing. Agr. JUAN J. BURGOS
Dr. ANGEL CABRERA
Ing. Agr. EWALD A. FAVRET
Dr. GUILLERMO J. GALLO
Dr. ENRIQUE GARCIA MATA
Ing. Agr. RAFAEL GARCIA MATA
Dr. MAURICIO B. HELMAN
Ing. Agr. JUAN H. HUNZIKER
Ing. Agr. DIEGO J. IBARBIA
Ing. Agr. WALTER F. KUGLER
Dr. ALFREDO MANZULLO
Ing. Agr. ICHIRO MIZUNO
Dr. EMILIO G. MORINI
Dr. ANTONIO PIRES
Ing. Agr. EDUARDO POUS PEÑA
Dr. JOSE MARIA R. QUEVEDO
Ing. Agr. ARTURO E. RAGONESE
Dr. NORBERTO P. RAS
Ing. Agr. MANFREDO A. L. REICHART
Ing. Agr. ALBERTO SORIANO
Dr. EZEQUIEL C. TAGLE

ACADEMICO HONORARIO

Ing. Agr. Dr. NORMAN BORLAUG

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Dr. TELESFORO BONADONNA (Italia)
Ing. Agr. GUILLERMO COVAS (Argentina)
Dr. CARLOS LUIS DE CUENCA (España)
Sir WILLIAM HENDERSON (Gran Bretaña)
Ing. Agr. ARMANDO T. HUNZIKER (Argentina)
Ing. Agr. ANTONIO KRAPOVICKAS (Argentina)
Dr. OSCAR LOMBARDERO (Argentina)
Ing. Agr. JORGE A. LUQUE (Argentina)
Dr. HORACIO E. MAYER (Argentina)
Ing. Agr. ANTONIO N. NASCA (Argentina)
Ing. Agr. LEON NIJENSOHN (Argentina)
Dr. CHARLES C. POPPENSIEK (Estados Unidos)
Ing. Agr. RUY BARBOSA P. (Chile)

LOS CAMINOS DEL AGUA Y LAS INUNDACIONES

Breve análisis de los orígenes de las inundaciones

Académico Correspondiente

Ing. Agr. JORGE A. LUQUE

1. INTRODUCCION

Las características de la óptica humana con relación a un determinado suceso climático, condicionada por el breve lapso que abarca dentro de todo proceso histórico, hace que nuestra opinión y aún el criterio de enfoque no sea del todo cierto e, incluso se vaya modificando a medida que se presentan períodos de recurrencia del fenómeno meteorológico.

Tal es el caso con relación a dos de las manifestaciones más conocidas dentro del campo meteorológico: por un lado, la presencia de "secas" o sequías y, por otro lado, la ocurrencia de avenidas y/o inundaciones periódicas.

De tal forma y volviendo unos pocos años atrás, nuestro enfoque a principios de la década de los años sesenta giraba en torno a un grave período de sequías que afectaban ciertas zonas o regiones, como el nor-este del Brasil, el centro de la cuenca del Plata, la zona centro-sur de la Pcia. de Buenos Aires, el centro-sur de la Pcia. de La Pam-

pa y en especial, la región semi-árida nor-patagónica.

Si en cambio ubicamos al observador en el tiempo, a principios ahora de la década de los años ochenta, la experiencia presente nos muestra un grave período de avenidas e inundaciones que abarcan en gran medida la cuenca del Plata, en especial la escorrentía del río Paraná y grandes afluentes, en la región centro-norte y este del país.

Las grandes inundaciones que ha sufrido toda la cuenca argentina de los ríos Paraná, Paraguay y sus afluentes y que han afectado particularmente a ciudades ubicadas a lo largo de su ribera, durante los primeros años de la década, han sido de una recurrencia extrema de tipo "centenaria", de efectos devastadores, agravada aún más por precipitaciones máximas registradas precisamente en el área más afectada, en la región centro-sur de la cuenca del Plata. Se ha dado el caso asimismo que las lluvias extremas también coincidieron con los "picos" de las crecientes.

No obstante, cabe tener siempre presente que la gravedad de un fenómeno del tipo de "recurrencia", desde el punto de vista humano, siempre estará condicionado a la fragilidad de la memoria de los observadores o testigos, cuyo recuerdo en función del tiempo se va esfumando progresivamente.

2. LOS CAMINOS DEL AGUA

A fin de comprender con mayor claridad la naturaleza de estas circunstancias meteorológicas, cabe llevar a cabo en forma muy sumaria un comentario sobre la conducta del agua en la naturaleza y, dentro del Ciclo Hidrológico; si se inicia dicho ciclo con el fenómeno natural más aparente sujeto a registro, la **Precipitación**, se constatan diversos caminos para la lluvia:

1° — Estando en presencia de una cubierta vegetal, sobre todo del tipo "selva densa" y/o "bosque alto", la precipitación es "INTERCEPTADA y RETENIDA" por la misma y, sólo en menor medida y luego de un cierto tiempo de lluvia, alcanzará el suelo.

Si las selvas o bosques son densos, como puede suceder en la parte centro-norte de la cuenca del Plata (la parte centro-sur está ocupada por grandes bañados: "El Pantanal"), la retención puede alcanzar valores altos que superan hasta el 40 %. En cambio, una cubierta pobre, más o menos achaparrada y de monte ralo (característico de la zona semi-árida) al-

canza apenas a interceptar de un 5 a un 8 %.

Más aún, en terrenos pedregosos o en suelos de labranza recién roturados, la intercepción puede ser prácticamente nula. Lo mismo en suelos medanosos, muy sueltos, sin vegetación. De aquí se desprende la importancia y proyección del manejo de montes y bosques.

Aún no completada la fase de la precipitación pero alcanzando la lluvia el suelo, se observa:

2° — Tendencia del agua a "ALMACENARSE EN LAS PARTES BAJAS Y DEPRESIONES", constituyendo de tal forma los "Almacenamientos temporarios" (Ollas y pequeñas lagunas) o los "Permanentes" (Lagunas y lagos).

Corrientemente, continúa lloviendo sin que todavía se sobrepase el "índice o razón de **infiltración**", salvo en el caso de lluvias muy intensas, como las observadas dentro del período de las inundaciones en zonas de las provincias de Chaco, Formosa, Corrientes y Santa Fe. Si nos seguimos refiriendo a aquellas menos intensas:

3° — El agua penetrará en el suelo constituyendo el primer nivel de "HUMEDAD RETENIDA EN EL PERFIL AGRICOLA", cuya cantidad estará relacionada con la "Capacidad de almacenamiento de humedad útil", es decir, lo que puede contenerse teniendo en cuenta los tres parámetros físicos que obran como límites de borde: a) contenido de humedad a Capacidad de campo: W_c ; b) contenido de humedad en el Punto

de marchitamiento permanente: Wm y, c) densidad aparente de ese suelo.

4° — Continuando la lluvia, puede hablarse en cierto modo de la "Percolación" del agua que sigue penetrando y se incorpora como "recarga" a:

3.1. Corrientes o "FLUJO SUB-ALVEO", simil a flujo base y,

3.2. Corrientes, mantos o "CAPAS SUBTERRANEAS".

A partir de este punto, se plantea el problema de las crecientes cuando:

5° — Superado el coeficiente de infiltración por la intensidad de la lluvia y factores concomitantes tales como la topografía del terreno, se produce el "ESCURRIMIENTO" o escorrentía sobre la superficie en busca de la línea de menor pendiente. Lógicamente, cuanto mayor es el área de la cuenca sujeta a esta situación, se genera más escorrentía y las diferentes "vías de agua" van buscando el cauce principal, es decir, el río.

De tal forma, la "avenida" de agua es una realidad y el cauce principal crece, en magnitudes a veces mucho mayores que su flujo normal y/o su flujo "base".

3. LAS GRANDES INUNDACIONES DE LA DÉCADA DE LOS AÑOS OCHENTA

En razón de la alternancia o periodicidad con que se producen los fenómenos meteorológicos extremos, al iniciarse la década del ochenta una serie de inusitados registros de llu-

via inician un prolongado período de avenidas generadas por precipitaciones fuera de lo corriente, que presentan su manifestación más definida en la gran llanura pampeana y, en especial, en las áreas deprimidas del norte, centro y sur-este de la provincia de Buenos Aires. (Figura nº 1.)

Es así que en una primera instancia, 200.000 hectáreas quedan bajo las aguas en dicho estado argentino, generando problemas de consideración a un número bastante elevado de centros poblados.

La **erosión hídrica**, una consecuencia de las avenidas, comienza a dejar sus secuelas en miles de hectáreas de campo cultivado, se afecta la población ganadera y el climax en dicha oportunidad, se produce en el mes de abril de 1980, cuando en el término de una semana caen precipitaciones que totalizan hasta 600 milímetros en su epicentro, la ciudad de Azul, afectando otros centros poblados vecinos como Olavarría, Las Flores, General Belgrano, Tandil, etc., y arrasando prácticamente con barrios enteros dentro de algunas de dichas ciudades.

Así se da el caso que, en la ciudad de Azul, el agua de escorrentía desborda el cauce del arroyo del mismo nombre y se vuelca sobre la parte poblada, superando el nivel de 1,50 m sobre el pavimento, produciendo daños incalculables.

Desde luego, al no existir montes naturales amortiguadores de la erosión hídrica en la provincia, el factor desencade-

nante que genera la formación de avenidas de gran magnitud es esencialmente, la intensa precipitación.

Todavía y a pesar de que este fenómeno de recurrencia entre "inundaciones y sequías" se viene considerando desde

se estudie a fondo el problema y se consideren fundamentalmente medidas al efecto.

Es conocida también la incidencia negativa de los "bañados" y excedentes del río Quinto, en el extremo nor-oeste de la provincia, que en dicha oportu-

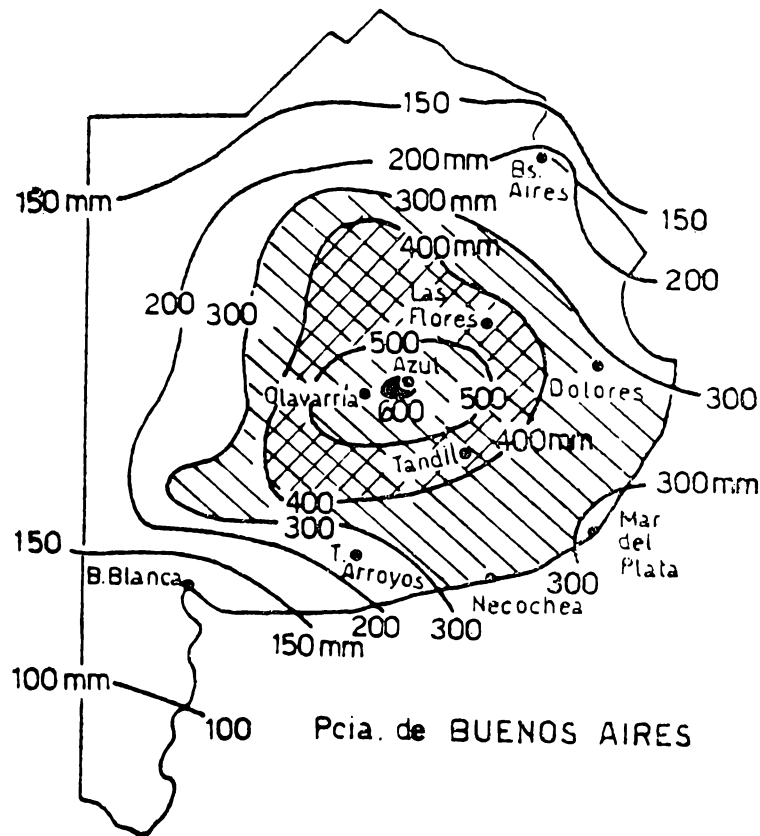


Figura Nº 1 ISOYETAS correspondientes al mes de Abril de 1980 dentro del periodo critico de inundaciones

hace casi un siglo en la región, no se cuenta con sistemas de defensa y control, desconociéndose programas integrales tanto de conservación y manejo de cuencas como del recurso suelo, por lo que los daños han continuado y continuarán en forma recurrente hasta tanto

tunidad también invadió miles de hectáreas y cortó rutas y vías de ferrocarril.

Recuérdese que éste es uno de los aspectos más antiguos dentro de la gran temática del estudio y conservación de los recursos naturales en toda esta región y, muy especialmente en

la denominada “**cuenca del Salado**”, ya que en el mes de setiembre de **1886** aparecía, en el Boletín de la “Academia Nacional de Ciencias” una obra del eminente naturalista Florentino Ameghino, titulada precisamente: “**Las Secas y las Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires**”.

La ya mencionada cuenca, en realidad sub-cuenca del río Salado que practicamente forma parte y cierra por el sur la gran cuenca del Plata, ha sido motivo de preocupación y tratamiento por muchas instituciones y organismos tanto de la provincia, como de carácter nacional pero, hasta el presente, sin resolución definitiva y toma de medidas.

Un año después y aún sin acallarse los ecos de la desvastación producida por las inundaciones en la mencionada provincia, ciertos registros intensos de precipitación comienzan a sembrar inquietud en los estados situados más al norte, en especial en aquellos que se definen como “del litoral”.

En el año 1982 ya hay un franco incremento de los registros, se producen avenidas y la inquietud surge a todo lo largo de los ríos Paraná, Paraguay, Pilcomayo, Bermejo, Uruguay y otros afluentes.

Como se verá al hablar de la cuenca del Plata, en la provincia del **Chaco** comienzan a registrarse reiteradamente **lluvias inusuales**, como así también en el norte de la Pcia. de Santa Fe y, la circunstancia de que, desde hace varios años se viene ejerciendo en toda esa región

una verdadera acción depredadora de sus montes naturales, por explotación irracional de varias especies arbóreas, es decir, una agricultura expoliadora sin sentido conservacionista, hace que la escorrentía se vea incrementada en mayor medida generando avenidas con más facilidad e intensidad; se produce la inundación de áreas deprimidas donde precisamente, se levantan algunos centros poblados que, históricamente **no han tenido la memoria suficiente** para recordar fenómenos extremos en este campo meteorológico o en que no estaban dadas las condiciones antes de la acción depredadora de su vegetación natural.

No obstante, hay una recurrencia extrema como contadas veces es dable apreciar.

El **deterioro del Suelo** por erosión hídrica es una realidad y miles de hectáreas se ven afectadas, con cambios de perfil agrícola muchas de ellas.

4. INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL PLATA

La Cuenca del Plata por su tamaño o área es la sexta en el mundo, luego de las cuencas de los ríos Amazonas, Ienisei, Congo, Amur y Mississipi.

Se integra a través de cinco países: Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, con un total aproximado a 3.000.000 de km².

Brasil concurre con 1.320.000 km² sustentando en esa área una población media de unos 35 millones de habitantes; Bolivia se integra con unos 270.000

km² y, 1.000.000 de habitantes; Paraguay drena íntegramente en esta cuenca, con sus 407.000 km² y unos 2.000.000 de habitantes y, Uruguay encuadra alrededor del 75 % de su territorio, unos 142.000 km² que sustentan a 2.500.000 de habitantes.

La Cuenca del Plata en la República Argentina se proyecta por unos 910.000 km² y, si se considera la población de los grandes centros urbanos ubicados en su área, como Rosario y la Capital Federal, puede hablarse de 18.000.000 de habitantes bajo su influencia.

Ello es así porque, aparte de los grandes ríos Paraná, Paraguay, Uruguay, Pilcomayo, Bermejo, Salado y otros, muchos afluentes y corrientes menores conforman este sistema hidrográfico.

Aunque la influencia de la Amazonía es relativa, porque sólo la influye en su parte sur, esta cuenca participa en gran medida de su medio ecológico.

Recuérdese que **la Amazonía es el mayor ecosistema terrestre del mundo**, con casi 6.000.000 de km² y un 85 % de formación de selva tropical lluviosa con tierras bajas o llanas.

Allí, las precipitaciones suelen superar holgadamente los 3.500 a 4.000 milímetros anuales, es decir, alrededor de **ocho** veces más que la ciudad de Bahía Blanca y **cuatro** veces más que la de La Plata.

Aunque este ecosistema no se ha modificado todavía sustancialmente, no obstante cabe tener presente que los intentos actuales y planes futuros ten-

dientes a abrir nuevas rutas trans-amazónicas y sumar superficie a la actividad agrícola, redundan y accionan en perjuicio de la conservación del medio natural, del equilibrio ecológico y, está facilitando la escorrentía incontrolada que se traduce lógicamente en avenidas de mayor magnitud; hasta el presente, puede evaluarse en unos **15.000 km²** la superficie de bosques y selvas arrasadas y/o desmontadas con fines viales y de colonización agrícola (**FAO, UNESCO**). De esta forma se va anulando la "retención" de las precipitaciones por parte de la cubierta vegetal. Otro fenómeno negativo incontrolado que surge lo constituye **la erosión del suelo con pérdida de su fertilidad**, grave deterioro físico y arrastre de material sólido hacia y, a través de los cauces.

La Cuenca del Plata posee ambientes similares propios y, el gran ecosistema menor conocido como "El Pantanal", ubicado en gran parte del territorio brasileño-paraguayo (centro-sur de la cuenca), conforma características particulares.

El río Paraná, un coloso dentro de este sistema nace prácticamente a la altura de los **15°** de latitud sur, con sus afluentes formadores el Paranaíbo, el Grande, el Verde y otros menores, en plena selva de Matto Grosso, concluyendo en la gran boca del río de la Plata, a la altura de paralelo **34° de latitud** sur.

La Cuenca del Plata se proyecta aún más arriba, desde **los 14° de latitud** sur en las sierras Dos Uarecís y puede de-

cirse que concluye con el subsistema del Salado en territorio de la Pcia. de Buenos Aires, prácticamente en el **paralelo 35**.

Iniciada y en marcha la gran crecida de los años 1982 y 1983 y, con las escalas en el Paraná alcanzando los "máximo-maximorum" históricos, superados por otra parte los 50.000 m³/seg. se producen dentro del área precipitaciones intensas como las de la región sur de Formosa con más de **400 milímetros en algo más de 24 horas** (mayo de 1983) habiéndose desencadenado antes inusitado registros de lluvia en la provincia del Chaco, que culminan con un registro inverosímil para la región, pues significaría una precipitación con recurrencia más que centenaria de 593 mm., casi **600 milímetros** de lluvia, con centro en la localidad de **Avia Terai** y en el muy corto lapso de algo menos de **48 horas** (02/04/83).

Asimismo, se registran en otros puntos de la misma provincia precipitaciones intensas de **180 mm. en 2 horas** con lo que, al producirse tal magnitud de lluvia precisamente sobre áreas que ya están sufriendo el efecto de avenidas anteriores, se establecen proporciones catastróficas, es decir, verdaderos desastres históricos como los registrados y conocidos.

5. ALGUNAS CONCLUSIONES

Ciertos comentarios periodísticos dan a entender que precipitaciones intensas de esta naturaleza tardan mucho tiempo en formarse y/o generarse en la atmósfera y que, en conse-

cuencia, pueden ser prevenidas con anticipación.

En realidad, ello no es así, en cuanto al conocimiento más o menos preciso que puede tener el hombre sobre el área específica, la cantidad y fecha de las precipitaciones y de las avenidas.

El servicio meteorológico de pronóstico no cuenta todavía con la posibilidad de adelantarse en más de dos o tres días a una cierta precipitación y, por otra parte, le resulta problemático cuando no imposible "cuantificar" anticipadamente una lluvia.

Es dable en la actualidad, calcular en ciertas áreas ayudado por globos sonda, el "agua precipitable" que posee una determinada masa de nubes. Asimismo y apoyados en la hidrología se puede analizar la escorrentía, cuantificar hidrogramas unitarios para diferente duración y conocer en consecuencia en gran medida la magnitud de las probables avenidas, pero la necesidad de datos de base hace que ello corra casi parejo con el momento o la oportunidad en que se produce el fenómeno.

Dar a entender por ejemplo que las grandes inundaciones producidas en la Cuenca del Plata podrían haberse previsto con mucha anticipación para medidas oportunas, no es un aserto correcto.

Muy diferente resulta en cambio contar con un sistema de defensa y contención permanente frente a las ciudades "más bajas" a lo largo de la ribera del río Paraná por ejem-

plo, defendiendo dichos centros poblados, defensa que se pondría en marcha al iniciarse el ciclo de avenidas o, al alcanzar el "pelo" de agua cierto nivel de altura.

Esto es otro aspecto de la cuestión y formaría parte de un "Plan o Programa para el Manejo de Crecidas en el Litoral", como se está tratando de concretar para el futuro.

Lo cierto es que las inundaciones y/o crecidas producidas se ajustan prácticamente a las siguientes premisas:

1° — **Las estructuras existentes poco influyen** en estas circunstancias. Se hubiera necesitado algo más de 50 vasos de almacenamiento similares al de la presa de Itaipú para contener, en cierta medida, una de las grandes crecidas o picos y, siempre que los supuestos vasos se encontraran vacíos.

2° — **La repetición de precipitaciones máximas del tipo "P. M.P." sobre el área ya inundada**, como sucediera en parte de las provincias de Chaco, Formosa, Corrientes, Santa Fe y Entre Ríos, cubriendo de tal forma más de 500.000 km² y afectando a más de 5.000.000 de personas, superó todos los períodos de retorno esperados en lo que hace a su magnitud, en los últimos 75 años, con valores de recurrencia mayores aún que los 100 años y, además, en forma repetida dentro de áreas cercanas o inmediatas.

3° — Regularmente, **la masa de agua normal** que eroga el sistema por el río de la Plata alcanza a valores promedio que

se ubican de **400 a 500 millones** de metros cúbicos anuales.

En época de crecidas, por ejemplo dentro del mes de mayo de 1983, se estimó que el volumen erogado desde hacía sólo **seis meses, había superado los 1.200 millones** de metros cúbicos.

4° — Aunque la Cuenca del Plata ha sido estudiada entre la década del sesenta y del setenta por la Unidad de Recursos Naturales de la Organización de los Estados Americanos ("Cuenca del Río de la Plata", Estudio para su Planificación y Desarrollo-OEA, Washington, USA, 1971) **no se ha profundizado lo suficiente** en el campo Hidrometeorológico e Hidrológico y, en consecuencia, no se cuenta con análisis secuenciados ni de Precipitaciones Máximas Probables ("PMP"), ni de Hidrogramas Unitarios de escorrentía ("HU"), para diferente duración.

A este respecto cabe consignar que el "INCYTH", organismo vinculado a los problemas hídricos, cuenta con un sistema que conforma una amplia red sobre el litoral y la cuenca, que le permite accionar como un "sistema de registro y alarma de avenidas" cuya sede se concentra en la Capital Federal. Pero no posee todavía instalado un sistema telemétrico en VHF por ejemplo de "tiempo real", es decir, el dato en el mismo momento en que se produce el fenómeno. Va recibiendo comunicaciones incluso de los organismos estatales dependientes de las distintas provincias concurrentes.

Un primer **sistema de "tiem-**

po real" se encuentra instalado en la región oeste del país, en Cuyo, en los alrededores de la ciudad de Mendoza; se sensibiliza y registra a partir de 1 mm. de precipitación y se le puede ir pidiendo, para cada estación o punto de registro, lluvia cada 5 minutos, quince minutos o una hora, etc. Lógicamente, un sistema de este tipo y de la magnitud que demandaría la sub-cuenca del río Paraná con sus principales afluentes, requeriría técnicas complementarias especiales, como "estaciones repetidoras" etc.

Otra circunstancia muy importante que caracteriza al país dentro del campo hidrológico, es que la mayoría de las investigaciones que se llevan a cabo tanto sobre cuencas como sobre ríos, son de tipo "puntual", es decir, no se enfoca el estudio, análisis o problema por zonas o áreas.

De tal forma, sucede que, a pesar de que otros países americanos (USA, Venezuela, Pe-

rú) ya han alcanzado un cierto conocimiento de la correlación en sus parámetros: "precipitación-escurrimiento", hasta la fecha no se cuenta en el país con **dos valiosos** elementos de apoyo, a saber:

- a) **Un registro y tabla de las Precipitaciones máximas probables** por área o, "P. M.P." que relacione las lluvias máximas con la recurrencia o período de retorno.
- b) **Un atlas o catálogo de los Hidrogramas unitarios** para diferente duración—"HU"— de los principales ríos argentinos. Mediante el mismo podrían conocerse los hidrogramas de escorrentía total, para lluvias características.

Como se observa, en consecuencia, mucho queda por hacer en este campo y sería auspicioso que así lo comprendieran los organismos específicos que se ocupan del recurso Agua.