

EVALUACION GEOCRONOLOGICA DE LOS ATERRAMIENTOS DE UN EMBALSE

Dr. Ing. C. C. P. C. SAENZ

INTRODUCCION

En los últimos años, se han desarrollado en forma extraordinaria todos los estudios en torno a la sedimentación de acarreo y suspensoides, creada por la artificial solución de continuidad que las presas provocan en los cursos de agua. Dichos trabajos se extienden al mecanismo de la precipitación, velocidades de arrastre y flotación, flujos de turbidez en el interior de los embalses, distribución de aterramientos en función de la forma del vaso y particularidades de su explotación, porcentaje de retenciones, métodos de evaluación de éstas, compactación de las gleras, e incluso últimamente, y por medio de cómputos estadísticos, a la selección de las variables que influyen decisivamente en la relación del depósito en el pantano con el arranque erosivo (Farnham, Beer y Heinemann, 1966). También los factores primordiales de la erosión han sido analizados e, incluso, reducidos a fórmulas (Musgrave, 1947; Wischmeier y Smith, 1965). Sobre éstas y otras muchas cuestiones en torno al aterramiento, son notables los recientes estudios verificados en la Europa Oriental.

En líneas generales, y dada la importancia económica del problema, en especial en comarcas semiáridas perinivales, parece que los esfuerzos deben concentrarse principalmente en la evaluación y predicción de los transportes, a nivel de anteproyecto, ya que el ulterior porcentaje de retenciones, distribución de las mismas, mecanismos de contención, etc., si no son secundarios sí quedan supeditados, al menos, al orden de magnitud de las gleras transportadas. En muchos casos, la vida de la obra va implícita en el acierto.

En el presente esbozo no se pretende sentar un nuevo método de evaluación, puesto que para su desarrollo, verificación y puesta a punto se requeriría un largo estudio que no se ha llevado a cabo, sino más bien indicar un posible camino de evaluación relativamente rápida de los aterramientos previsibles.

METODOS EN USO

Señalaremos, por ejemplo, el consistente en la correlación experimental caudal-velocidad-arrastre. En esencia, se trata de llegar a la obtención de una curva de contenidos sólidos unitarios en función del caudal. Supuesta conocida la distribución de caudales en el año, de am-

bas curvas se deducirá la de distribución de arrastres. Si **28** está integrada, habremos computado el transporte anual. El método contiene numerosos defectos teóricos y dificultades prácticas. Entre aquéllos pueden señalarse:

a) La correlación caudal-flujo sólido no tiene sentido más que a través de la velocidad. Así, pues, variará de unas secciones a otras.

b) Aun en el supuesto de que la anterior premisa se diera (por ejemplo, ríos canalizados de sección y pendiente continuas), la cantidad de glera es función de la zona en que ha llovido (condiciones topográficas, geológicas y edafológicas de las subcuencas), y, por tanto, dos crecidas de la misma cuantía pueden dar lugar a flujos sólidos muy distintos.

Estos y otros factores (intervención del movimiento turbillónar, diferencias de velocidad líquido-sólido en la suspensión, etc.), hacen que el método en sí, no sea más que una aproximación. Entre las dificultades prácticas se revelan en seguida:

1. La condición a) obliga a buscar valores medios a lo largo de los cauces. Vista la naturaleza pulsativa y estocástica del reparto de la concentración a lo largo del río, se hace preciso tomar muestras en muchos puntos. Hoy se recomiendan cinco emplazamientos, con cinco profundidades de toma en cada uno (Djordjevic, 1966).

2. La condición b) obliga a análogos repartos estadísticos en el tiempo. Y no olvidemos que cada uno de estos análisis han de verificarse para diferentes condiciones de caudal, con lo que el muestreo riguroso se hace copiosísimo.

3. La toma adecuada de suspensiones obliga al empleo de batómetros de vacío y muestras de 20 a 30 litros. El cómputo de rodados obliga a complementar las nasas con el empleo de sustancias trazadoras, por ejemplo los isótopos radiactivos.

4. La medición de crecidas, ya de por sí difícil, viene complicada extraordinariamente cuando se quieren evaluar sus transportes sólidos. Y no se olvide que, en ciertos climas españoles, el 95 por 100, o más, del aterramiento total se produce en las acertadamente denominadas turbias.

Podríamos continuar, pero bastarán las consideraciones precedentes para dejar patente la tosquedad del método y, sobre todo, la lentitud y esfuerzo que implica la toma de datos.

Otro sistema de evaluación, meramente indicativo, es

el basado en la correlación con cuencas conocidas. Empleando los variables de pluviosidad media anual y precipitaciones máximas, así como la extensión de la cuenca, han llegado a construirse ábacos para ámbitos con distinta pendiente media y tipo climático (López Cadenas, 1964). Todo ello basado en un conjunto estadístico extraído de aterramientos en Italia y Sur de los EE. UU.

METODO GEOCRONOLOGICO

La premiosidad e inexactitudes de los métodos directos, así como la falta de matiz geológico en las fórmulas propuestas para arrastres y métodos de correlación comparativa, nos conducen a proponer un sistema de cómputo del transporte sólido basado en la evolución geológica del valle. No sabemos si se habrán hecho anteriormente intentos en este sentido.

Desde los antiguos trabajos de la escuela francesa de Lapparent, se ha pretendido fechar las efemérides del Cuaternario por el cociente de dividir las aportaciones fluviales totalizadas (gleras, sales) por el acarreo anual de las mismas. De algunas de estas estimaciones se ha comprobado posteriormente su meritoria exactitud (Penck y Brückner, 1909; Soergel, 1925; Eberl, 1930).

Hoy día, gracias a los métodos de datación absoluta (varves glaciares, carbono 14, teoría de la fluctuación de las radiaciones solares, etc.), se conocen con aproximación suficiente las fechas básicas del Cuaternario. Volvamos la oración por pasiva. Cuando seamos capaces de medir la erosión total de una cuenca, a partir de uno de dichos hitos cronológicos, podremos, dividiendo por el número de años transcurridos, obtener la media anual de la degradación. Es evidente que dicha estimación *media* no corresponderá al arranque *actual* medio, pero haciendo varios o muchos cómputos sobre cuencas cuya erosión se conoce, podrá establecerse una correlación, al menos de ámbito regional, en la que los factores geológicos y climáticos, que son los decisivos, quedarán implícitos. Esta es, en esencia, la idea del método.

Los factores paleoclimáticos no se conocen con suficiencia en cada sitio, para poder cuantificar la desviación actual de la media. Al presente, no se ha alcanzado todavía el mínimo del seno interglaciar en que nos encontramos. Zeuner estima que "durante los períodos húmedos y cálidos situados entre dos fases glaciares consecutivas, el clima fue bastante parecido al actual" (*The Pleistocene period*. Londres, 1945. Ed. Esp.^a M., 1959, página 30). Por tanto, y habida cuenta de que la profundización principal de los valles se produjo en los interglaciares, el arranque medio durante el Holoceno será superior al medio Cuaternario. Pero, por otra parte, es evidente que los relieves pliocénicos fueron, concretamente en nuestro país, más acusados que los del Cuaternario. En consecuencia, la erosión actuó sobre formas más juveniles y fue más intensa, por este concepto, en el Pleistoceno que en la época actual. ¿Hasta qué punto se compensan ambos factores — clima perinival activo, formas más seniles — en la desviación del arranque ac-

tual respecto de la media cuaternaria? Probablemente la correlación que proponemos lo aclararía. En el ejemplo que después sigue, poco representativo como se dirá, la erosión anterior se muestra muy inferior a la actual.

Parece evidente que los cómputos deben referirse únicamente al Cuaternario, como periodo más tranquilo en su tectónica y mejor conocido geocronológicamente. También, parece claro que se debe partir para esta cuenta de la primera glaciación, marcada por la terraza fluvial más alta o Gunziense, que suele presentarse a algo más de 100 metros sobre los cauces. Algunas dataciones que se han hecho sobre su cronología absoluta se presentan en el gráfico adjunto, tomado de Zeuner. De este esquema puede deducirse que, con el empleo de la terraza del Gunz para el comienzo del cómputo puede dividirse por 550 000, a los efectos de la media anual.

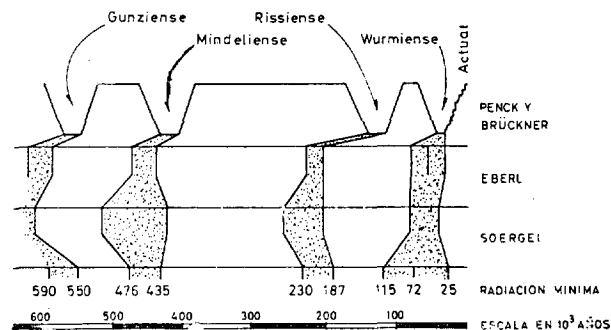


Gráfico 1.

El método se complica mucho cuando las terrazas son de origen tectónico o de origen talasostático. Por el contrario, parece que los valles con terrazas climáticas, en zona peniglaciaria, son su campo idóneo de aplicación. Así, pues, parece lógico, en España, no hacer por ahora cómputos en las costas gallegas de fallamiento o en los litorales colgados levantinos, sino más bien investigar los valles interiores al cratón de la meseta, no fallados durante el Cuaternario ni sujetos apenas, gracias a los resistentes umbrales portugueses, a la influencia de los cambios del nivel marino. Por supuesto que las cuencas que se evalúan deben ser aquéllas en que los arrastres se conocen mejor, limitadas, por lo tanto, en los embalses existentes y que están estudiados desde este punto de vista.

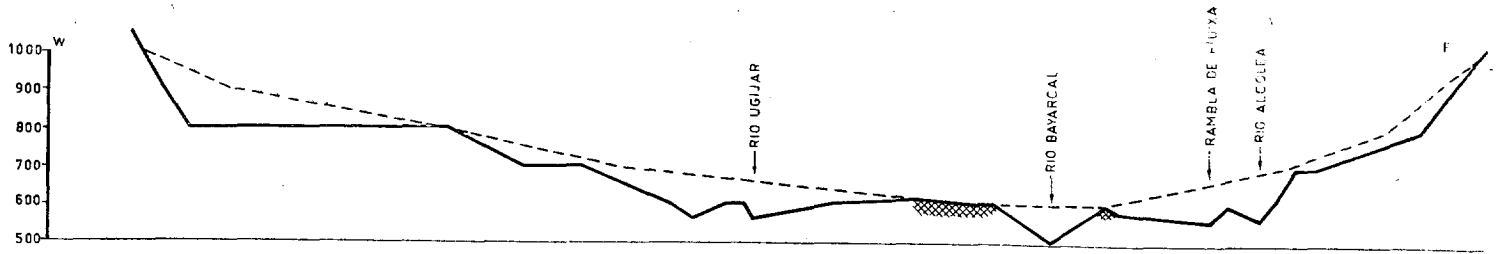
Antes de proceder al desarrollo de un ejemplo, debemos anotar algunas ventajas e inconvenientes del método. Como ventaja puede anotarse su relativa rapidez, una vez determinados unos cuantos retazos claros de la terraza de origen. Una facilidad española es la casi omnipresencia de terrazas no imbricadas, que contribuye al buen deslinde de niveles. Una ventaja del empleo del cómputo, a partir de la primera terraza, es la disminución del error relativo en los cálculos y su mejor identificación. Los inconvenientes principales y dificultades son:



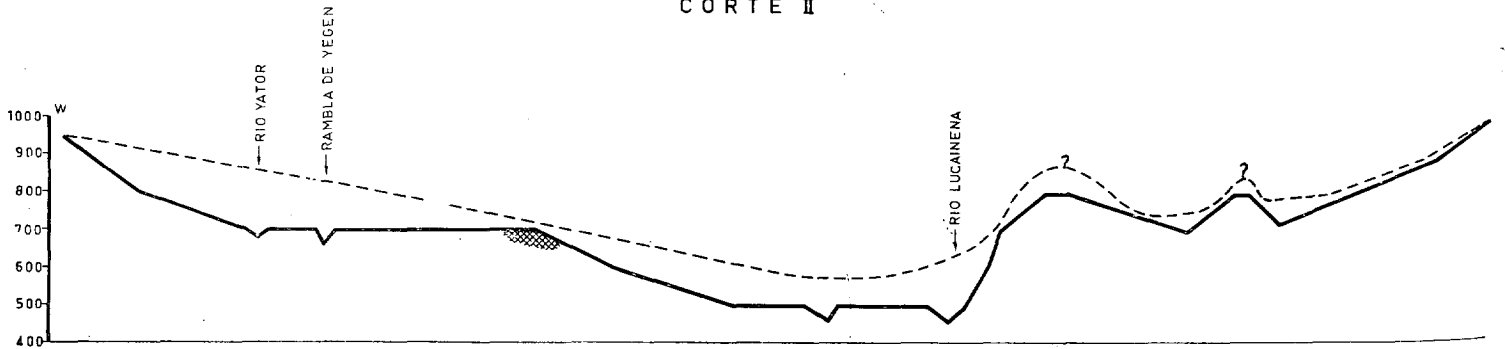
PLAZOS DEL RELIEVE VIEJO ————
 CURVAS DE NIVEL EN LA PRIMERA TERRAZA ————
 TOMA DE MUESTRAS DE AGUA ————
 PERFILES DEL GRAFICO 3 ————

GRAFICO 2

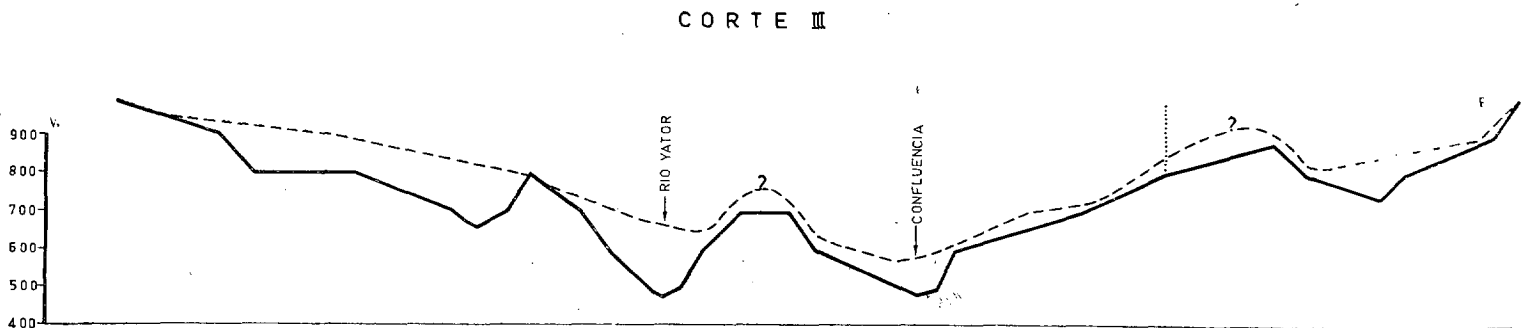
CORTE I



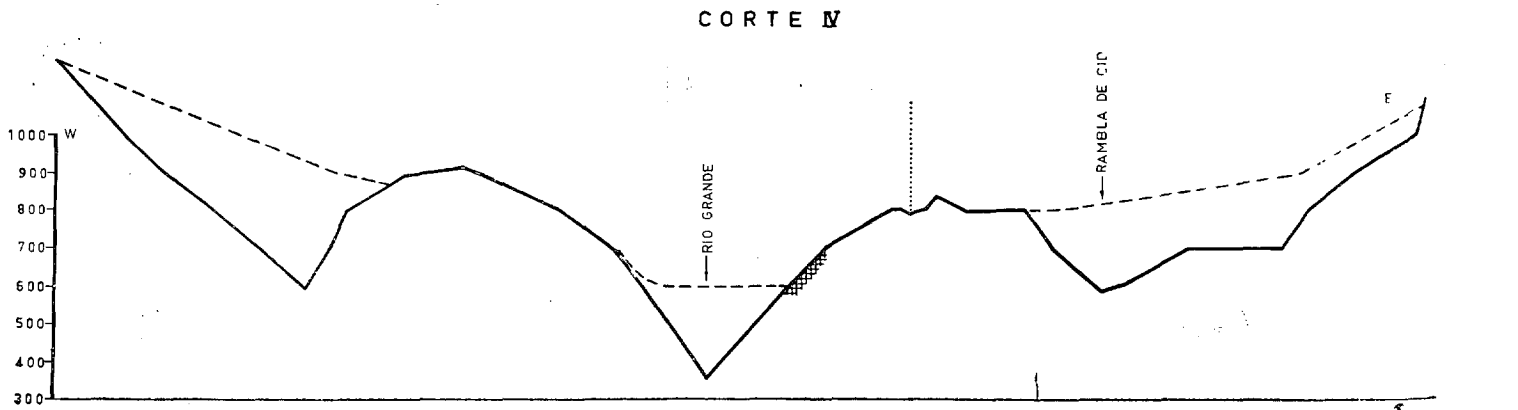
CORTE II

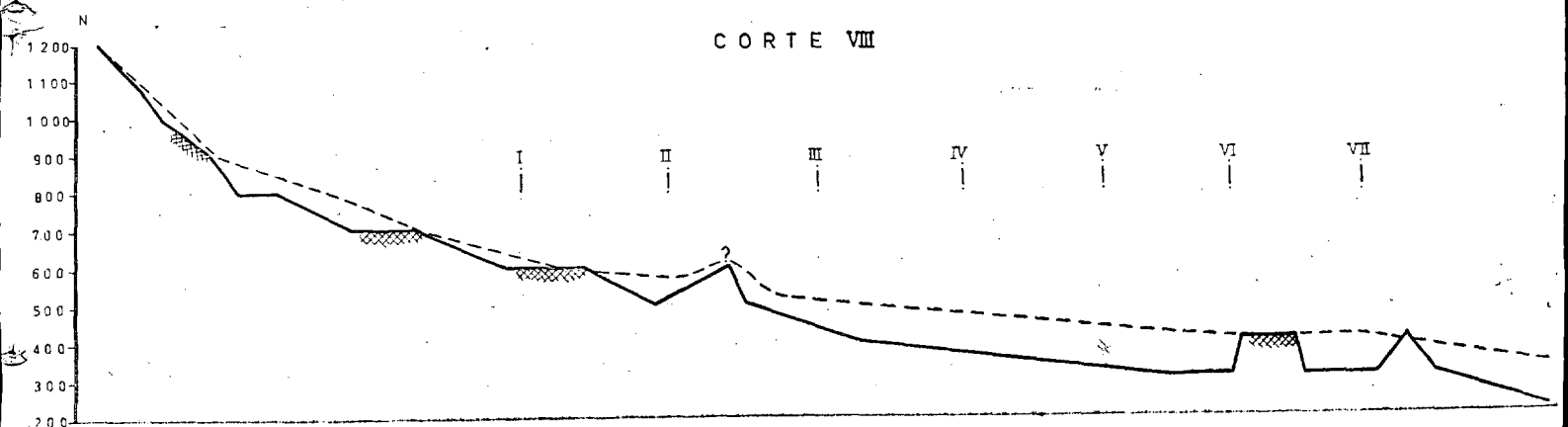
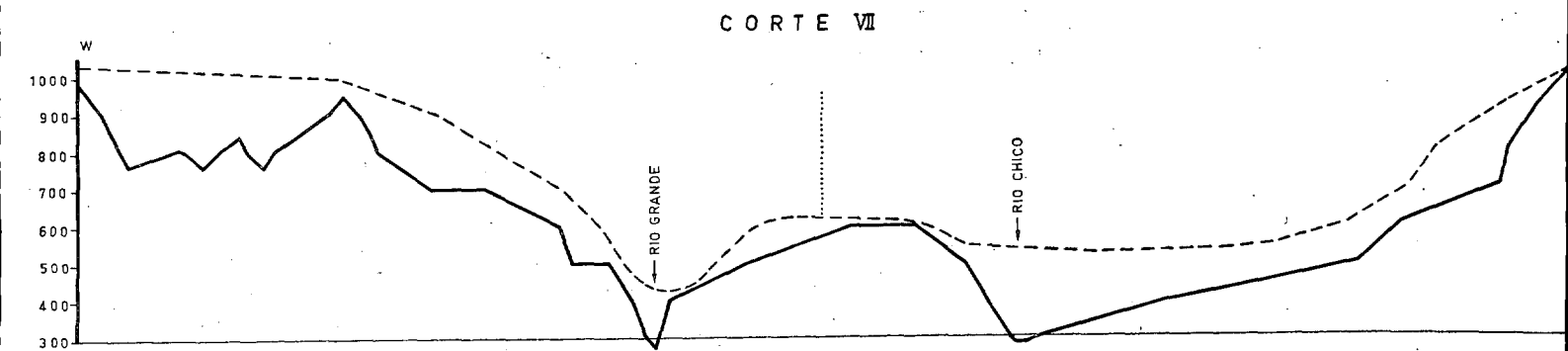
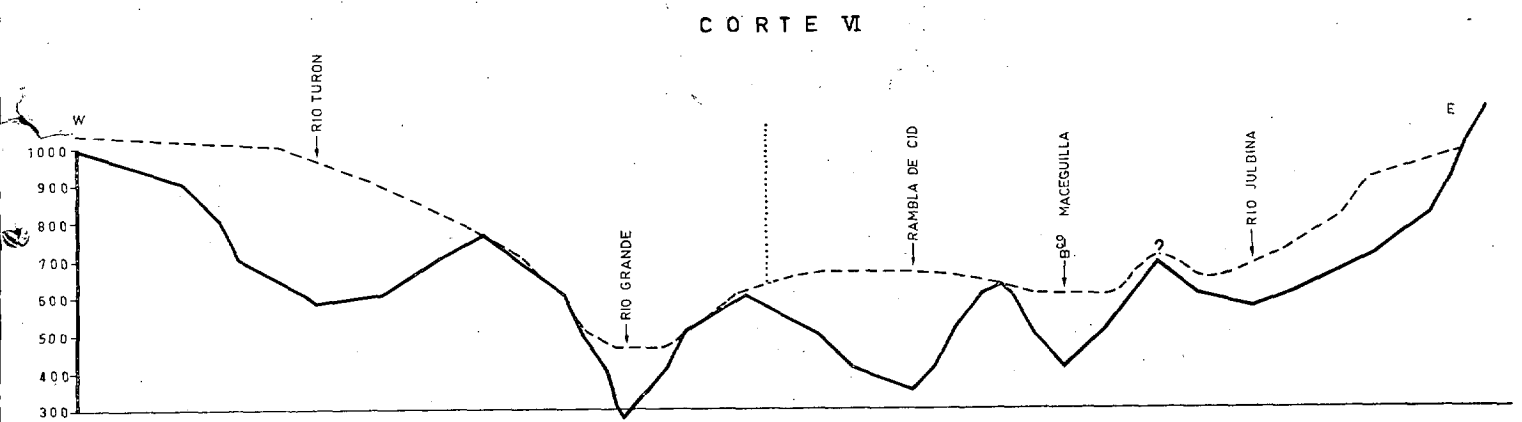
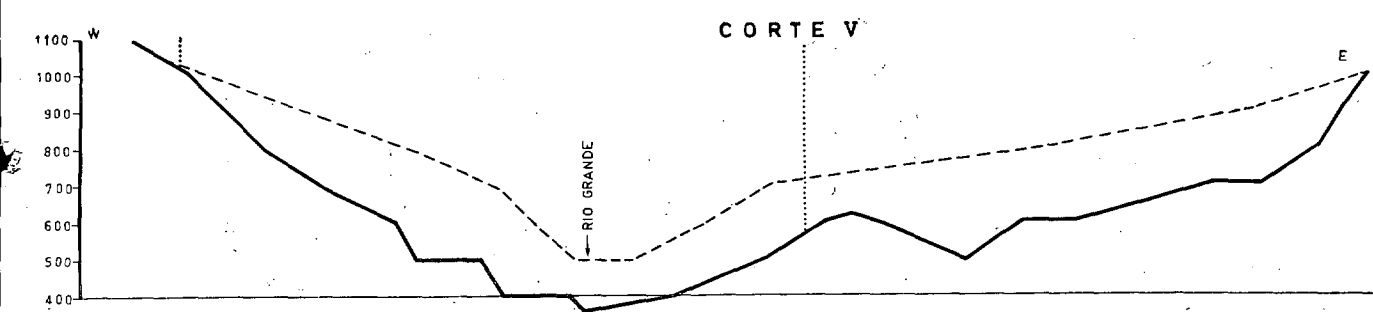


CORTE III



CORTE IV





1.º Los anotados anteriormente en los casos de tectónica reciente, talasostatismo o mixtos complejos.

2.º Las medidas en cuencas con cabeceras variables (capturas) o complicaciones vaclusianas, etc.

3.º La reconstrucción del paleorrelieve por encima de los niveles de terrazamiento. Como se verá en nuestro ejemplo, la hemos soslayado, suponiendo análoga la erosión unitaria en dichas áreas a la que se produjo bajo terrazas.

4.º La no siempre fácil localización de los niveles fósiles o su posible confusión con los de fases interestadiales.

EJEMPLO DE APLICACION

Por causa de un trabajo urgente, hemos tenido que intentar la sistemática expuesta en el río Grande de Adra, zona que no consideramos adecuada y en la que no existen mediciones directas de aterramiento.

Se ha procedido en la siguiente forma:

1.º Se han localizado los retazos de niveles más antiguos.

2.º Sirviéndonos de ellos hemos reconstruido las curvas de nivel del paleorrelieve (gráfico 2).

3.º A partir de éstas, se ha computado la erosión me-

dia. Claro está que lo lógico hubiera sido cubicar el déficit de volumen, pero, dada la urgencia del trabajo y su carácter de ensayo, nos hemos valido simplemente de perfiles representativos (gráfico 3).

Al no contar con medidas de sedimentación, nos hemos servido, a efectos de comparación, de:

a) Una toma rápida de muestras de agua en el río Grande y afluentes principales en crecida moderada, suponiendo que los contenidos sólidos, analizados cuantitativa y cualitativamente, corresponden a una curva única de suspensoides-caudales. Hemos despreciado los rodados, que por causas que sería inadecuada explayar aquí, consideramos de un orden de magnitud inferior a todos, arenas finas y arcillas. La relación resultante (gráfico 3) se ha aplicado a la curva de distribución de caudales en año medio, muy incompleta, por cierto, en lo que se refiere a puntas.

b) De la aplicación de los ábacos de López Cadenas.

Existe un pequeño escollo para el cotejo de unos y otros resultados: obsérvese que el método geocronológico proporciona alturas de desmantelamiento, mientras que los directos se nos ofrecen en peso transportado. Es preciso, para la comparación, suponer unas densidades reales de macizo. Conviene, además, recordar aquí que los recientes estudios (Nather, 1966; Instituto Cerni de Belgrado, 1966) han demostrado que la densidad real

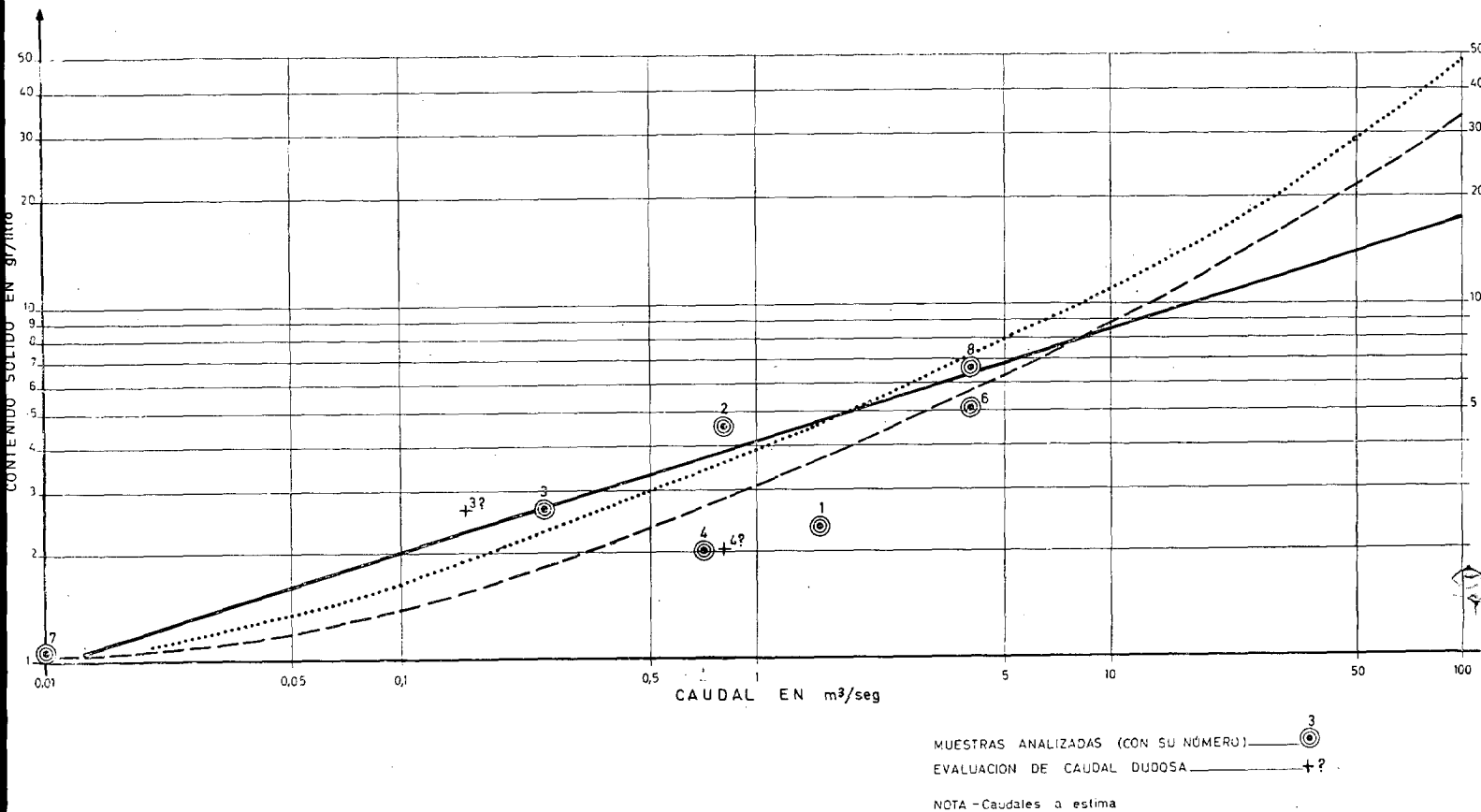


Gráfico 4. — Arrastres sólidos en función de los caudales.

de los fangos depositados es bajísima, con valores que rara vez rebasan 1,5. Ello ya fue previsto por Taylor (1948) y reducido a fórmulas, que recientemente se han puesto en función de la densidad del material constitutivo de las gleras y del porcentaje de arcillas (Heinemann, Rausch y Campbell, 1965).

Ahorraremos al lector los detalles del cálculo que hemos llevado a cabo en el Río Grande de Adra con límite de la cuenca en Beninar. Por el sistema geocronológico hemos obtenido los siguientes resultados:

- Erosión puntual media cuaternaria: 110,04 m.
 - Media anual cuaternaria: 0,20 mm.
 - Arranque medio anual en la cuenca: 104 000 m.³.
- Por el análisis de suspensoides obtenemos:
- Curva de distribución de caudales sólidos (ver gráfico 4).
 - Curvas de caudales líquidos y sólidos distribuidos: no se han representado aquí.
 - Peso total arrastrado: 766 200 toneladas.

— Volumen de arranque medio anual en la cuenca ($\delta = 2,5$) = 306 500 m.³.

— Erosión media anual cuaternaria = 0,59 mm.

Por el sistema de correlación:

— p^2/P (p = pluviosidad mes máximo; P = pluviosidad media anual) = 35,1 mm.

— Arranque previsible en función de $p^2/P = 1 300$ toneladas/Km.²/año.

— Arranque anual en la cuenca: 676 000 Tn. \times 270 000 metros cúbicos.

— Erosión media anual = 0,52 mm.

Como resumen, y para este caso particular, podemos decir que la erosión actual (que calculada por dos métodos distintos representa 0,59 ó 0,52 mm.) es casi tres veces mayor que la media del Cuaternario, cuyo valor computado por el método geocronológico es de 0,20 mm. Ello probablemente se deberá a los recientes descensos costeros que han rejuvenecido la erosión y a los intensos roturos en zonas de launas triásicas y arcillas miocenas.