

# CORRENTIMETRO SIMPLE Y BARATO PARA ECOLOGIA PRACTICA EN VARIEDAD DE AGUAS

J. Gallego-Huidobro

Universidad Laboral de Córdoba

Palabras clave: Water flow-meter, limnological instruments

## ABSTRACT

### A SIMPLE AND CHEAP CORRENTIMETER FOR PRACTICAL ECOLOGY IN DIFFERENT WATERS

It shows a description of a cheap flow-meter for ecological use. The flow-meter does not require upkeep cost nor any recalibrators; besides, it can be simply made and is easily manageable and carried and suitable for punctual and instantaneous measuring in low-flowing waters and heterogenous physico-chemical conditions without remarkably altering its flowing-pattern.

## INTRODUCCION

La medida de la velocidad de una corriente de agua es necesaria en numerosos estudios ecológicos, pues a veces influye, entre otras cosas, en la estructura de la comunidad de descomponedores (Reice, 1977), la microdistribución (Cole, 1983; Haddock, 1977; Reice, 1977), la etología y la fisiología de organismos acuáticos (Haddock, 1977; Reice, 1977). Esta influencia puede ser indirecta, pues el movimiento del agua homogeniza sus propiedades fisicoquímicas y favorece la renovación de gases y sales disueltas y de sólidos en suspensión (McConnell & Sigler, 1959) y determina la granulometría del lecho (Rabeni & Minshall, 1977), o directa, como por ejemplo de arrastre (Dowdeswell, 1961; Hynes, 1970; Margalef, 1974).

Además de los costosos correntímetros comerciales, diversas técnicas e instrumentos de medida de la velocidad del agua se usan normalmente en hidrobiología (Bjerve & Groterud, 1980; Brunditt, 1971; Edington & Molyneux, 1960; Everest, 1960; Gessner, 1950; Harman, 1968; John, 1978; La Barbera & Vogel, 1976; Lagler, 1952; Leslei & Leslie, 1980; MacGregor & McLellan, 1952; McConnell & Sigler, 1959; Schwoerbel, 1975; Tušá, 1978). Una revisión

sobre métodos e instrumental hidrobiológicos para medida de flujos de agua ha sido hecha por John (1978). The Hydraulics Division (1977) da una relación bibliográfica de las técnicas y aparatos de medida aplicados en hidráulica general. El movimiento del agua a través del sedimento superficial puede calcularse con el aparato Williams & Hynes (1974).

En ese trabajo se expone una modificación del instrumento ideado por Pitot (1732), adaptado para trabajo ecológico y con el orificio del cabezal extremo de modelo cilíndrico llamado "Heavy-Dute Cole Pitometer" (Folsom, 1956).

En un tubo de Pitot la velocidad del movimiento del agua es dada por la fórmula  $V = K \sqrt{2gh}$ , siendo  $V$  = velocidad del agua,  $K$  = constante del tubo,  $g$  = aceleración de la gravedad y  $h$  = altura sobre la superficie del líquido alcanzada por el agua en el interior del tubo al sumergirlo verticalmente en la corriente del agua.

## DESCRIPCION

El aparato consta básicamente de tres elementos (Figs. 1 y 2): Un tubo de Pitot (TP), un tubo porta-escala (TE) y una pieza basculante (B). Las dimensiones de estos elementos pueden ser variables

en función de las condiciones particulares del trabajo, especialmente las dimensiones de los tubos, que dependen de la profundidad y velocidad de la corriente de agua a estudiar. En esta descripción se dan las medidas del correntímetro representado en las figuras 1 y 2.

El TP es recto, de vidrio transparente, de 391 mm. de longitud, 6'2 mm. de diámetro externo y 4'25 mm. de diámetro interno. Uno de sus extremos está cerrado con un tapón de plástico (h), (Fig. 1 y 2). A 4'7 mm. de este extremo cerrado tiene un orificio circular lateral (o) de 3 mm. de diámetro. El TE es también de vidrio transparente. Su longitud es 150 mm., su

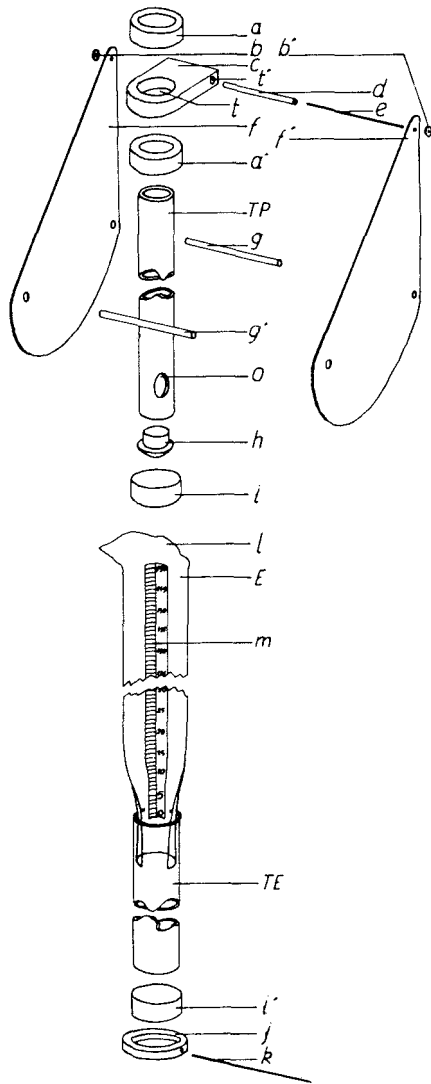


Figura 1 - Despiece y nominación de las piezas del correntímetro.- Detachment and denomination of the pieces of flow-meter.

diámetro externo 9,35 mm. y su diámetro interno 7,4 mm. En él se puede introducir el TP, de forma que ambos tubos pueden deslizarse telescópicamente uno dentro del otro. Longitudinalmente presenta una escala plastificada (E) que se adosa al mismo por su superficie interna. Así el TP roza con un lado directamente con la escala E y por el otro con la superficie interna del TE, lo que permite el fácil desplazamiento manual de uno dentro del otro pero impide el libre movimiento entre ambos

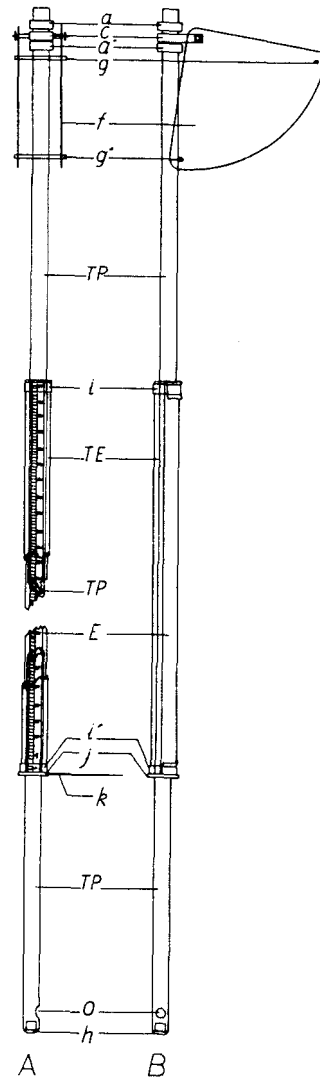


Figura 2.- Vista frontal (A) y lateral (B) del conjunto del aparato. En A se muestra la interrelación entre el tubo-Pitot (TP), la escala (E) y el tubo porta-escala (TE), mediante una ruptura transversal.. Frontal (A) and lateral (B) views of the whole device. In A it is shown the interrelation among the Pitot-tube (TP), the scale(E) and the tube to which the scale is clung (TE), by means of a transversal break.

después de situados en posición de medida. El parámetro numerado en la escala puede ser o bien la velocidad del caudal o bien la longitud de la altura del agua del interior del TP respecto a la superficie del agua libre corriente, u otro según se convenga al calibrar. En caso de que figure la altura debe confeccionarse una curva de correlación velocidad/longitud. Para facilitar la lectura de la escala, igual que en el correntímetro de Harman (1968), se dibuja sobre ella una línea coloreada. La cinta de la escala es de longitud superior a la del TE y se fija al mismo doblando sobre la superficie externa de los extremos del TE los extremos (1) de la escala, ajustando sobre cada uno un aro de plástico transparente y flexible (i, i'). El TE muestra la aguja de lateralmente al cero de la escala en la arandela girable j. El elemento B puede tener diseño variable. En este caso consiste en dos láminas de teflón transparente (f, f'), con forma de sector circular de 90° de arco y de ángulos redondeados, unidas entre sí mediante tres ejes metálicos (g, g', e) insertos

perpendicularmente a ambas en los tres vértices. La pieza así formada se articula con el extremo abierto del TP por medio del sistema de elementos: a, a', c, d, e. Son a y a' dos anillas de plástico que ajustan en el TP por encima y por debajo de la pieza c, sobre la cual no ejercen presión. Es c una placa de plástico paralelepípedorrectangular en la que uno de los extremos es semicilíndrico. Concéntrico a ese borde semicircular hay un taladro (t) de diámetro 1 mm. mayor que el diámetro de TP, de forma que éste pasa holgadamente a su través. En el extremo opuesto al borde semicilíndrico, c tiene otro taladro (t') hecho en el plano medio de la pieza en la dirección de la anchura, y en el que está incluido el tubo metálico d. Este tubo capilar es de 1 mm de diámetro externo y de una longitud 1/3 superior a la anchura de c. A través de este capilar metálico gira el eje de acero e, que une ambas piezas f y f', sujetas con los topes b y b'. La estructura de B le permite dos libres movimientos respecto al TP: Movimiento en el plano perpendicular al TP, debido al giro de la placa c sobre él mismo, y movimiento en el plano coaxial al TP

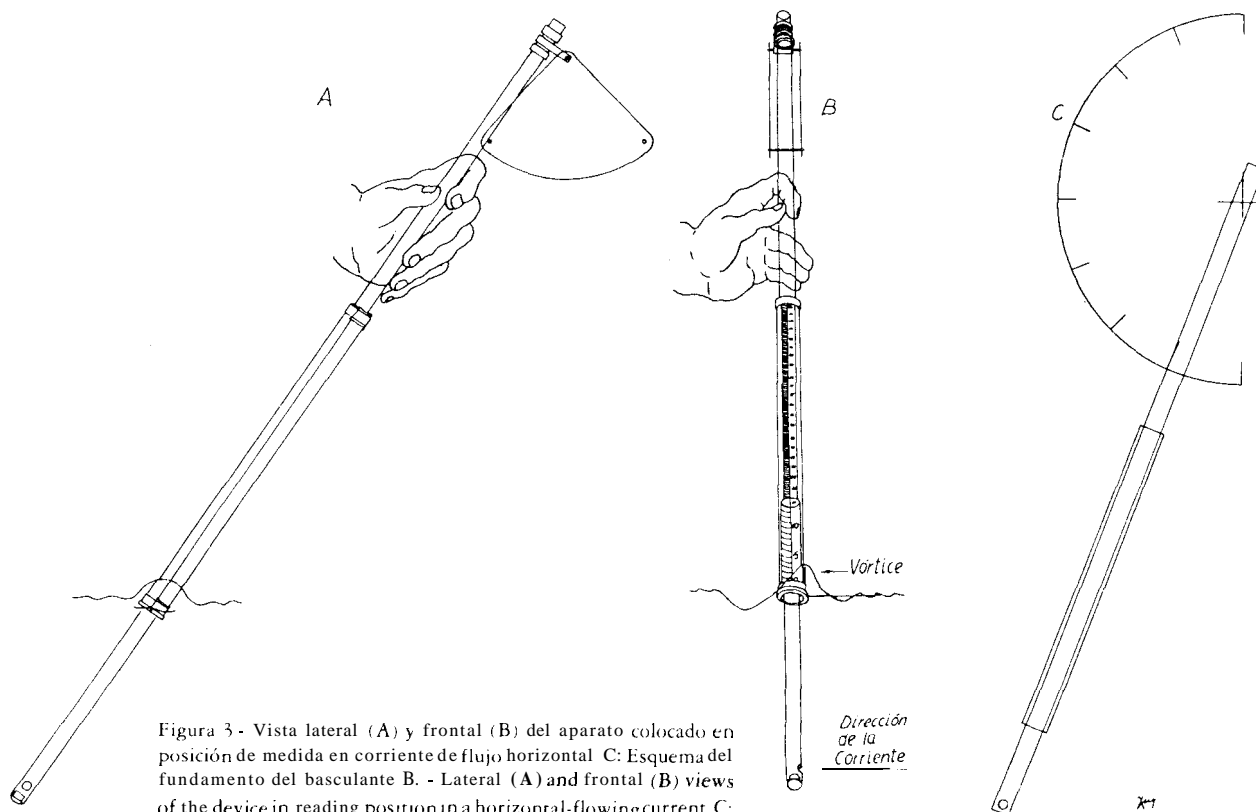


Figura 3 - Vista lateral (A) y frontal (B) del aparato colocado en posición de medida en corriente de flujo horizontal C: Esquema del fundamento del basculante B. - Lateral (A) and frontal (B) views of the device in reading position in a horizontal-flowing current. C: Diagram of the principle of the element B

debido al balanceo del doble sector circular sobre la placa c con centro en el eje e.

## MANEJO

La lectura de la velocidad del agua se hace en función de la altura, sobre la superficie de la corriente, alcanzada por el agua dentro del TP al introducirlo en la misma. Dicha lectura se hace en la escala adosada al TE. Para ello se hacen coincidir la aguja k con la superficie del agua y el orificio o con el punto del flujo a medir, deslizando el TP dentro del TE (fig. 3). Si por su velocidad el líquido forma un vórtice en el lado de contracorriente del TE, el extremo de la aguja sobrepasará dicho vórtice y será alineado con la superficie del agua, tomándose su posición como referencia del nivel del líquido.

Para realizar todas las medidas con el aparato dispuesto en condiciones estandarizadas, la posición del mismo respecto a la vertical y la orientación del orificio o respecto a la dirección del flujo han de ser las mismas en todas las lecturas. Para ello se lleva el instrumento hasta la inclinación marcada por B (Fig. 3, C), cuando éste y TP contactan por primera vez al ir girando lentamente el conjunto, excepto B, hacia la posición vertical. Dicho contacto se detecta manualmente. La inclinación así alcanzada es siempre la misma, y como en el correntímetro de Harman (1968), permite una lectura más cómoda que si ésta se tomara con el tubo en posición vertical.

La orientación del orificio o del cabezal extremo debe ser frontal a la dirección de la corriente, con el eje del TP perpendicular a esa dirección. Como el TP puede girar libremente respecto al TE, es posible orientar dicha apertura en cualquier punto del giro de 180°. En corriente de dirección horizontal el orificio se orienta hacia la misma, siendo el plano determinado por el eje de los tubos y la vertical perpendicular a la dirección de la corriente entrante en el TP. Deslizándose TP dentro de TE alcanza a tomar medidas de puntos de diferentes profundidades.

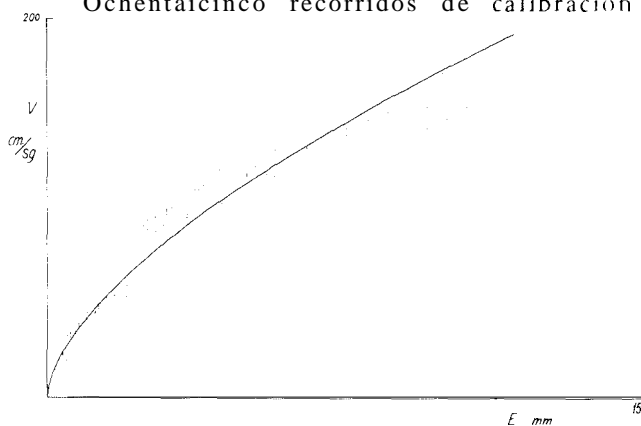
La lectura se hace con el correntímetro en posición de medida con la escala frente al observador, y se ve facilitada por el efecto de lente del agua en ascenso sobre la línea coloreada, las marcas y los números de la escala. La velocidad se mide en función de la marca de la escala sobre la que se encuentre el menisco de la

columna de agua entrante en el TP.

## RESULTADOS

La calibración se hace por desplazamiento del correntímetro en agua estanca (Facorro, 1978). Para moverlo a través del agua se dispone un sistema formado por: Dos guías metálicas entre las que discurre un carro de ocho ruedas, cuatro inferiores y cuatro superiores, que porta una pinza de bureta que sujeta el correntímetro, y traccionado por un motor eléctrico cuyo número de revoluciones por minuto se controla con un rectificador de corriente eléctrica. Para calibrar se anota la altura de la columna de agua del interior del TP y el tiempo invertido por el correntímetro en recorrer una distancia conocida, dispuesto en posición de medida, sujeto al carro, moviéndose a diferentes velocidades reguladas por el rectificador de corriente eléctrica.

Ochentaicinco recorridos de calibración



proporcionan resultados que se ajustan con coeficiente de correlación de 0,981 y error estándar de la estima de 0,134 a la ecuación  $V = 10,0045 \cdot E^{0,620125}$ , representada en la gráfica;  $V$  = velocidad de la corriente de agua y  $E$  = valor leído en la escala del TE. Esta ecuación implica que el mínimo umbral de sensibilidad es 0 cm/sg y que el máximo es indeterminado. En la práctica se llega a percibir el umbral mínimo de sensibilidad en 1 o 2 mm de la escala del TE (esto depende de la agudeza visual), que corresponden respectivamente a 10 cm/sg y 14 cm/sg. El umbral máximo de sensibilidad será a altas velocidades afectado por el rozamiento entre las paredes del TP con la columna de agua (de mayor altura conforme se incrementa la velocidad) y con la membrana de tensión superficial, y por la viscosidad

interna del agua, pero en la práctica se puede considerar limitado a la longitud de la escala E, la cual se construye de longitud adecuada a las necesidades propias.

El flujo laminar la columna de agua entrante en el TP se estabiliza en una marca de la escala, fijada en función de la velocidad. En flujo turbulento las rápidas variaciones temporales de velocidad en el punto de medida se reflejan como oscilaciones coetáneas de la columna de agua impelida en el TP, pero siempre la longitud de ésta, valorada en la escala, indica la velocidad en cada instante.

## DISCUSION

El aparato propuesto es útil para estudios en corrientes de agua de la profundidad determinada por las longitudes de los tubos TP y TE, pero en todo caso de profundidad escasa, como manantiales, torrentes, arroyos y ríos de poco caudal. Se coloca presto en la profundidad de medida elegida. La profundidad mínima de uso, determinada por la distancia del extremo cabezal del TP al borde del orificio o es muy escasa y del orden de milímetros. La superficie de flujo medida es la del orificio sensor o y por tanto muy pequeña. La alteración de modelo de flujo del agua producida al introducirlo en la misma es escasa.

Puede trabajar en un rango amplio de valores de salinidad, turbidez, temperatura, pH, etc., sin apreciarse errores de medida debidos a cambios de cualquier de estos factores. Las lecturas se toman de forma inmediata sin necesidad de instrumentos accesorios, como cronómetro, etc. Las fluctuaciones de velocidad naturales en flujos turbulentos las registra simultáneamente como oscilaciones de la columna de agua de dentro del TP, por lo que puede emplearse como indicador de regímenes turbulentos.

Puede emplearse en diversos modelos de textura del lecho de la corriente, siendo especialmente útil en fondos de granulometría grande, por adaptarse bien su cabezal extremo sensor a la medida de las grietas del fondo. Es inadecuado su uso en aguas con proliferación de macrofitas que ocluyan el orificio o. Tampoco conviene su empleo en aguas con arrastre muy intenso de materiales sólidos grandes, por poder fracturarse con el impacto de los mismos.

Su construcción, calibración y transporte son fáciles y de poco coste. Su manejo es simple. No necesita

gastos de mantenimiento ni recalibrados. El rango de velocidades que detecta abarca de 10 cm/sg. como valor mínimo al escalar superior de E. Estos valores son semejantes a los de otros correntímetros de uso habitual, aunque hay instrumento's de coste elevado y mayor precisión. Sus dimensiones pueden elegirse libremente al construirse personalmente. Contra menor sea el calibre del TP menos será el umbral de sensibilidad mínima. El mínimo calibre será el inmediatamente superior al calibre mayor en el que se manifiesta la capilaridad del agua en que se va a trabajar.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Doctor J. Doménech Ros i Aragonés, del Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia, la asistencia prestada y las facilidades dadas para la calibración, y al Doctor J. Antonio Palazón, del Departamento de Matemáticas y Bioestadística de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia, el ajuste de los datos de calibración.

## BIBLIOGRAFIA

- Bjerve, L. & Groterud, O. 1980. Discharge measurements by a new-formed relative salt-dilution method in small turbulent streams. *Nordic. Hidrol.* 11: 121-132.
- Brundritt, J.K. 1971. A device for determining velocity of flow near the substrate. *Limnol. Oceanogr.* 16: 120-123
- Cole, G.A. 1983. *Limnology*. C.V. Mosby Comp. Third Edition. St. Louis. 401 pgs.
- Dowdeswell, W.H. 1961. *Animal ecology*. Merhuen & Co. Ltd (London)
- Edington, J.M. & Molyneux, L. 1960. Portable water velocity meter. *J. Sci. Instr.* 37: 435-457.
- Everest, F.H. 1960. Midger Bentzel current speed tube for ecological investigations. *Limnol. Oceanogr.* 12 (1): 179-180
- Facorro, F.A. 1978. *Hidráulica y máquinas hidráulicas*, Ed. Melior, Buenos Aires. Quinta edición.
- Folsom, R.G. 1956. Review of the Pitot tube. *Trans. ASME* October 1956: 1447-1460.
- Gessner, F. 1950. Die ökologische bedeutung der stromungsgeschwindigkeit fliessender gewässer und ihre messung auf kleinstem raum. *Archiv. f. Hydrobiologie*, Bd. XLIII: 159-165
- Haddock, J.D. 1977. The effect of stream current velocity on the habitat preference of a net-spinning caddis fly larva, *Hydropsyche oslari*, Banks. *Pan-Pacific Entomologist* 53: 169-174.
- Harman, W.N. 1968. A current measuring device for stream use. *Turtox Newc.* 46 (12): 348

- Hydraulics Division 1977. Bibliography on discharge measurement techniques. J. Hydraulics Div. HY8 13141: 889-903
- Hynes, H.B.N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool Univ. Press. Liverpool. 555 pgs.
- John, P.H., Johnson, F.A. & Sutcliffe, P. 1976. A conductivity flowmeter J. Hydraulic Res, 14(1): 37-44.
- John, P.H. 1978. Discharge measurement in lower order streams Int. Revue Ges. Hydrobiol. 63(6): 731-755.
- LaBarbera, M. & Vogel, S. 1976. An inexpensive thermistor flowmeter for aquatic biology. Limnol. Oceanogr. 21(5): 750-756.
- Lagler, K.F. 1952. Freshwater fishery biology. W.M.C Brown Co. Publ. Dubuque. Iowa.
- Leslie, J.K. & Leslie, R.V. 1980. A versatile low cost current meter for the hydrobiologist. Can Techn. Rep. Fish. Aqu. Sci 926: 1-
- MacGregor, D.G. & McLellan, H.J. 1952. Current measurements in the Grand Manan Channel. J. Fish. Res. Bd. Can. 9(5): 213-222.
- Margalef, R. (1974). Ecología. Ed. Omega. Barcelona. 951 pgs.
- MacConnell, W.H. & Singler, W.F. 1959. Chlorophyll and productivity in a mountain river. Limnol. Oceanogr. 4(3): 335-351
- Rabeni, C.F. & Mishall, G.H. 1977. Factors affecting microdistribution of stream benthic insects. Oikos 29: 33-43 Copenhagen.
- Reice, S.R. 1977. The role of animal associations and current velocity in sediment-specific leaf litter decomposition. Oikos 29: 357-365.
- Schwoerbel, J. 1975. Métodos de hidrobiología. H. Blume Ed. Madrid. 262 pgs.
- Tusa, I. 1978. A simple and cheap hydrometric wing. Hidrobiología 59(I): 17-21.
- Williams, D.D. & Hynes, H.B.N. 1974. The occurrence of benthos deeping in the substratum of stream. Freshwat Biol. 4: 233-256.