

DE LA “CALIDAD BIOLÓGICA” AL “ESTADO ECOLÓGICO” DE LOS CURSOS DE AGUA. USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL A LA LUZ DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA.

Javier Alba-Tercedor

Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 18071-Granada.

INTRODUCCION

Durante años la vigilancia de los cursos de agua se hacía en base a criterios y parámetros exclusivamente físico-químicos y microbiológicos. Dado que los cursos de agua se consideraban como meros canales conductores del elemento agua. Siendo el agua un mero recurso que había que explotar, y que por tanto debía presentar unas características acordes con el uso al que se destinara (regadío, bebida, baño, etc...), y por tanto la legislación existente trataba de salvaguardar estos aspectos. Asimismo los cursos de agua podían representar una fuente de problemas en los momentos de crecida, por lo que se trató desde el punto de vista de la ingeniería de “mejorarlos”(?), realizando un sinnúmero de actuaciones en ellos para lograr entre otras cosas aumentar la velocidad de desagüe de sus canales, cambiar sus trazados, cambiar el perfil transversal, etc..., etc..., Todo ello ha implicado alterar drásticamente las características naturales. Lo que ha tenido, un fuerte impacto en estos ecosistemas, dificultando, si no impidiendo, los procesos ecológicos indispensables para su buen funcionamiento.

Con la aprobación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en Diciembre de 2000 (DOCE, 2000), la situación ha cambiado drásticamente, al introducir toda una nueva filosofía en la gestión de los ecosistemas acuáticos. A partir de entonces han de gestionarse desde un “punto de vista ecosistémico”. De tal modo que el grado de salud de los mismos se mide en tanto en cuanto los procesos ecológicos naturales que los caracterizan estén o no alterados. Con ella se ha introducido el concepto de “estado ecológico”, y se fija el mes de diciembre del año 2015 como fecha como tope obligatoria para que los ecosistemas acuáticos continentales y de transición alcancen el buen estado ecológico.

EVOLUCION DE CONCEPTOS: DE LA CALIDAD BIOLÓGICA AL ESTADO ECOLÓGICO

Calidad biológica

El término “calidad”, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario es un concepto relativo que depende del destino final. De modo que, y a título de ejemplo, mientras que las aguas fecales en ningún caso podríamos considerarlas de calidad apropiada para la bebida, por los problemas sanitarios que conllevaría su uso. Sin embargo por su alto contenido en materia orgánica podrían resultar excelentes para el riego de plantas ornamentales, o de plantaciones forestales. Del mismo modo aguas de alta montaña, que

intuitivamente podríamos asociar con pureza y buena calidad, podrían resultar poco apropiadas para la bebida al calmar escasamente la sed (por su bajo contenido en sales) y por su bajo pH que les confiere un carácter corrosivo del esmalte dental.

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de *calidad biológica*. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (ALBA-TERCEDOR, 1996).

Estado ecológico

La Directiva Marco del Agua, tuvo un largo proceso hasta poder ser consensuada y aprobada en el parlamento europeo. A lo largo de casi una década estuvo dando vueltas, los diferentes expertos estaban de acuerdo que la vigilancia y la gestión debía hacerse teniendo en cuenta el funcionamiento de los ecosistemas, no había duda del punto de vista ecosistémico. De hecho de entre los nombres barajados estuvo el de directiva de “calidad ecológica”; término que por razones difíciles de entender o explicar cayó en desgracia. Pero felizmente se adoptó el término de “estado ecológico” y la DMA pudo pasar todos los trámites hasta ser aprobada, y se define como: “una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales”. Para poderlo medir se necesitan estudiar y medir indicadores tanto biológicos (fitoplancton, flora acuática, invertebrados bentónicos y peces), como parámetros físico-químicos e hidromorfológicos. Pero estos últimos en tanto que afectan a los indicadores biológicos (DOCE, 2000; ORTIZ, 2004, ver en este volumen).

MACROINVERTEBRADOS

El término de “macroinvertebrado” no corresponde a ningún concepto taxonómico, si no que se trata de una delimitación artificial de parte de grupos animales de invertebrados. En los cursos de agua se consideran como macroinvertebrados a aquellos organismos animales que, por su tamaño relativamente grande son retenidos por redes de luz de malla de entre 250-300 μm . y son visibles a simple vista, ya que la mayoría sobrepasan son del orden de milímetros. La gran mayoría de los mismos (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvianas, son las más abundantes (Fig. 1). Lo artificial del concepto del término macroinvertebrado se refleja en que algunos grupos que podrían encajar perfectamente dentro de la definición expuesta no son considerados como tales (Protozoa y Tardigrada) y otros no se tienen en cuenta en las metodologías de estudio de estado ecológico basadas en macroinvertebrados (p.ej.: Nematoda, Nematomorpha, Cladocera, Copepoda, etc.) (ver ALBA-TERCEDOR, 1996, 2006).

Existen diferentes obras generales que permiten su identificación al menos a nivel de familia, y en muchos casos a nivel de género. Así, existen obras en diferentes idiomas: español (PUIG *et al.*, 1999; GONZÁLEZ & COBO, 2006; TACHET *et al.*, 2006), catalán (PUIG *et al.*, 1999), francés (TACHET *et al.*, 2000), italiano (CAMPAIOLI *et al.*, 1994; SANSONI, 1988), danés (DALL & LINGEGAARD, 1995), holandés (DE PAUW & VANNEVEL, 1990) e inglés (FITTERAND MANUEL, 1986; De PAUW *et al.*, 1996; PUIG *et al.*, 1999). Asimismo existen muchas publicaciones dedicadas a grupos específicos y constantemente están apareciendo en Internet páginas web que ayudan en la identificación. Sin embargo la identificación a nivel de especie requiere, en la mayoría de los casos, la colaboración de taxónomos expertos en los diferentes grupos. Pero en cualquier caso, aun no se conoce bien la fauna de macroinvertebrados. Desconocemos todas las especies que habitan en nuestros cursos de agua, o bien aun no han sido descritas solo como adultos y no en fase larvaria. Por lo que en muchos casos no es posible llegar a nivel de especie.

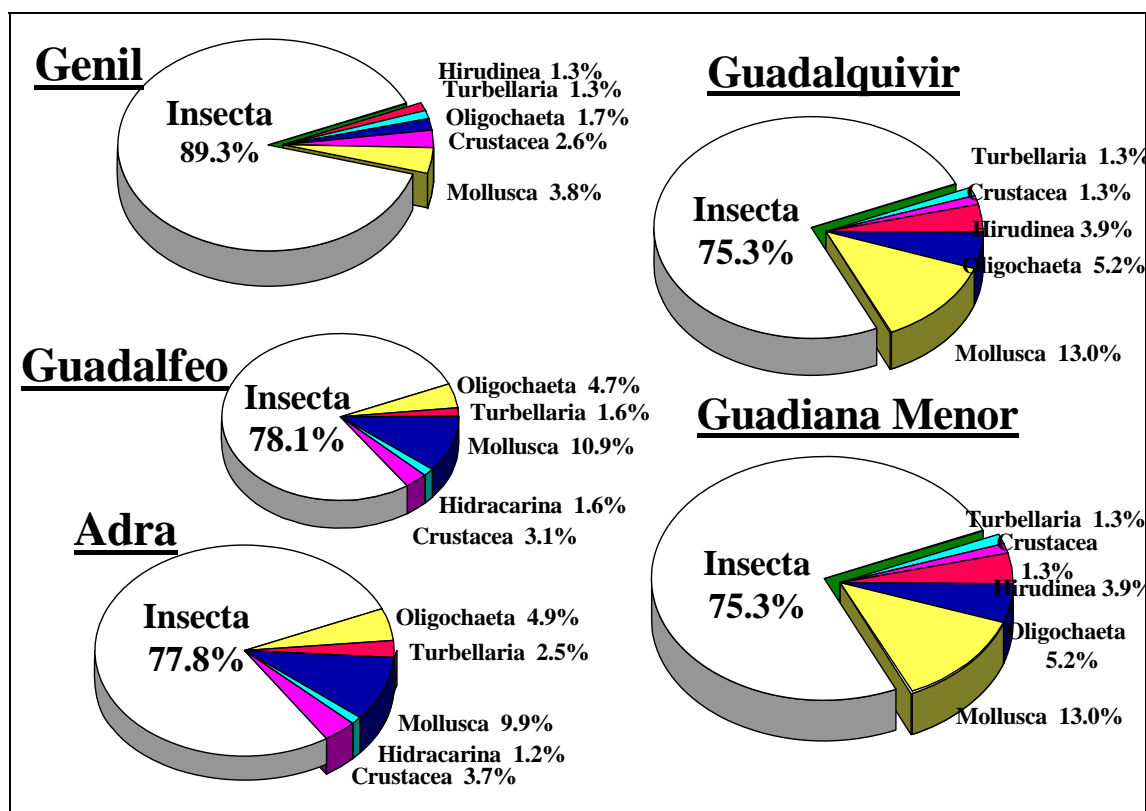


Fig. 1.- Composición de las comunidades de macroinvertebrados en varios ríos del sur de España. .

EVALUACION DEL ESTADO ECOLOGICO EN BASE A LOS MACROINVERTEBRADOS

Los macroinvertebrados acuáticos han tomado un papel preponderante en la evaluación de la salud ambiental de los cursos de agua, y si bien no es algo nuevo, pues comenzó a comienzos del siglo XX, su uso se ha extendido sobremanera en los últimos 30-40 años (De PAUW *et al.*, 2006; GHETTI, 1991,1997; HELLAWELL, 1986; HERING *et al.*, 2003; MELTCAFE, 1989; ROSENBERG & RESH, 1993) (Fig. 2).

La evaluación de los cursos de agua españoles, mediante el uso de los macroinvertebrados acuáticos comenzó en los años 70 del siglo pasado. Con un desarrollo importante en los 80, que ha ido incrementándose hasta nuestros días. Habiéndose implementado diferentes metodologías (ver ALBA-TERCEDOR & PRAT, 1992). De ellas, el IBMWP (= BMWP'), una adaptación del *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) (Armitage *et al.*, 1983), realizada por ALBA-TERCEDOR Y SÁNCHEZ-ORTEGA (1988), es en la actualidad la metodología más extendida. A su expansión y éxito ha contribuido su fácil aplicación, ya que requiere identificaciones a nivel de familia. Asimismo frente a la idea extendida de que los índices bióticos tienen una variabilidad estacional y solo detectan contaminaciones orgánicas, las valoraciones de calidad basadas en el IBMWP son independientes de la estacionalidad, y este índice es sensible tanto a contaminaciones no orgánicas, tales como metales pesados, pesticidas, etc... (ZAMORA-MUÑOZ *et al.*, 1995) y alteraciones del hábitat (PARDO *et al.*, 2004). Desde su publicación hasta el momento actual ha sufrido algunas modificaciones (ALBA-TERCEDOR, 1996, 2000; ALBA-TERCEDOR &

PUJANTE, 2000) y recientemente, dentro del macroproyecto GUADALMED (www.guadalméd.org) de estudio de los ríos mediterráneos ibéricos (PRAT *et al.*, 2004; ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2004) se ha realizado un detallado protocolo de aplicación siguiendo las directrices de la nueva DMA (JÁIMEZ CUÉLLAR *et al.*, 2004)

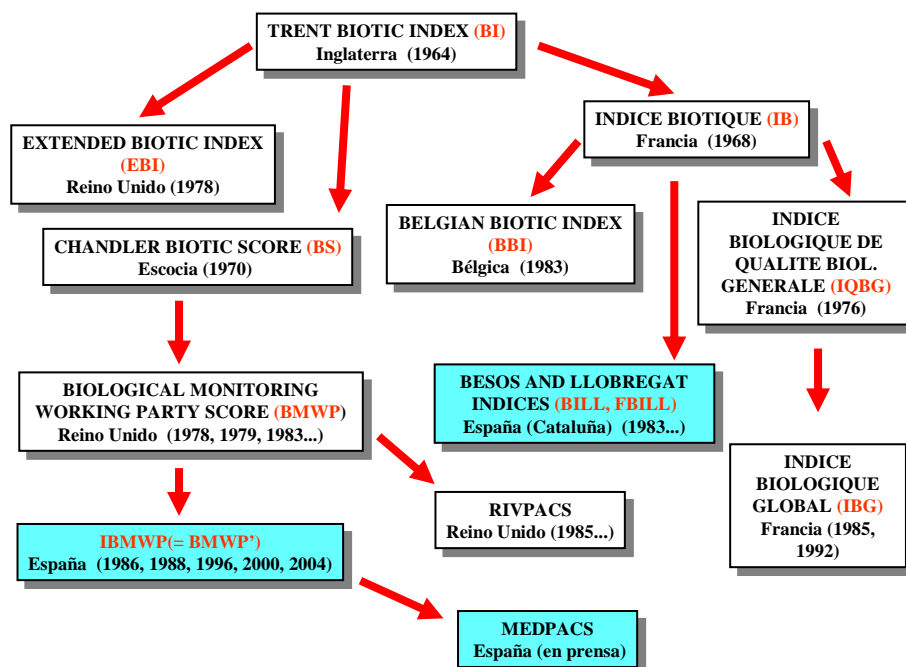


Fig. 2.- Evolución de las metodologías basadas en macroinvertebrados más utilizadas en Europa. En azul se representan las desarrolladas en España.

El IBMWP (*Iberian Biomonitoring Working Party* = IBMWP*)

La sencilla aplicación de esta metodología, y en especial la obligatoriedad y exigencias de la DMA, de este tipo de evaluación de los cursos de agua, ha impulsado un incremento espectacular de su uso. La metodología ha sido ampliamente explicada en las sucesivas publicaciones, y en especial en: ALBA-TERCEDOR, 1996, 2000; JAIMEZ CUELLAR, 2004 y ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2005). Sin embargo hay que señalar que en no pocos casos la mala práctica de su aplicación invalida los resultados de muchos estudios. No vamos a entrar aquí a describir de nuevo los protocolos de actuación. Sin embargo, a modo de recordatorio indicamos los aspectos más relevantes a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo los mismos, en los que hemos se falla más comúnmente:

- Antes de comenzar a muestrear es importante recorrer unos 100 metros del tramo en estudio (o una distancia aproximada de 20 veces la anchura del tramo), reconociendo los diferentes microhábitats existentes. Simultáneamente (antes de introducirse en el agua) anotar aquellos macroinvertebrados esquivos que viven en la superficie (Gyrinidae, Gerridae, Hydrometridae....) que una vez en el agua se refugian y por tanto pasarían desapercibidos.
- El muestreo ha de hacerse siempre de aguas abajo hacia aguas arriba, evitando pisar los microhábitats antes de muestrearlos.

- Hacer un muestreo estratificado en los microhábitats existentes. El muestreo no se da por terminado hasta que nuevas redadas, en los diferentes microhábitats, no aportan nuevos taxones.
- La red utilizada debe tener un tamaño de malla adecuado (generalmente alrededor de 300 µm. (en casos de corrientes fuertes utilizar 500-1000 µm.)). La red debe ser lo suficiente profunda para que la corriente no saque los macroinvertebrados de la misma. Además, y por el mismo motivo ha de evitarse que esta se colmate. Para ello se debe vaciar constantemente el contenido de la misma en bateas.

En el protocolo PRECE, desarrollado durante el proyecto Guadalmed (JAIMEZ-CUÉLLAR, *et al.*, 2004), se mencionan dos protocolos, el protocolo I para sitios de referencia y cuya separación de macroinvertebrados se hace directamente en el campo, y protocolo II para sitios de referencia cuya elaboración se hace en el laboratorio. Pero en todo caso, y dado que algunos taxones son difíciles de observar en el campo, recomendamos conservar toda la muestra recogida en las bateas y en el laboratorio repasar la misma.

El problema de la experiencia: necesidad de formación

A lo largo de los años venimos observando otro problema añadido. Se trata de la formación y experiencia. Es cierto que la metodología es sencilla. Pero a pesar de ello se necesita una formación y una cierta experiencia para llevarla a cabo de forma fiable.

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos por cinco operarios que tras unas charlas explicativas por parte del autor, realizaron unas prácticas en un mismo río. Para ello el autor les hizo una demostración “in situ” del modo de aplicación del protocolo IBMWP, y a continuación los diferentes operarios muestrearon el mismo curso en tres puntos a lo largo de su curso. Es clara el paralelismo existente entre la experiencia y los resultados obtenidos. De ahí que actualmente tanto a nivel nacional, como a nivel autonómico se esté trabajando en el sentido de que tan solo los operarios que estén acreditados de forma oficial puedan llevar a cabo este tipo de estudios.

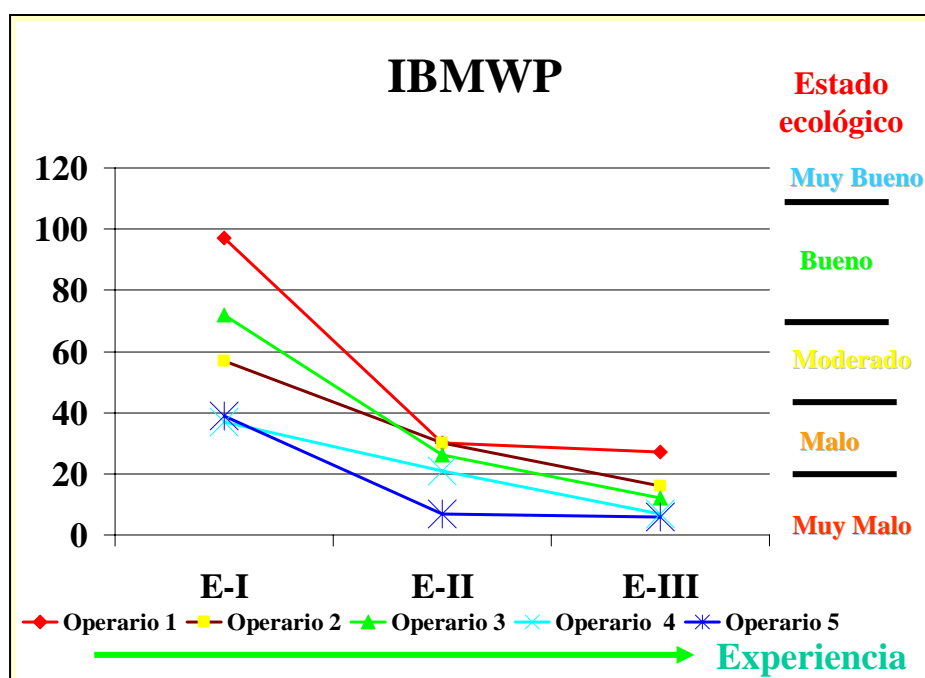


Fig. 3.- Valores del IBMWP y evaluación del estado ecológico en tres estaciones de muestreo situadas a lo largo de un curso de agua, obtenidas por cinco operarios, en función de su experiencia previa. Son evidentes las diferencias existentes, lo que evidencia la importancia de la formación.

Acotación de los valores del IBMWP, para la delimitación de las clases del estado ecológico

Originariamente, los valores del IBMWP (=IBMWP') fueron acotados en clases de calidad (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988), que se han ido manteniendo de forma provisional hasta ahora (JAÍMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2004; ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2005) (Fig. 5). Sin embargo la DMA, requiere que las acotaciones se hagan en función de las desviaciones existentes respecto de los valores de referencia en las diferentes tipologías de cursos de agua. De hecho, desde su publicación hace ya casi 20 años, se viene observando la necesidad de establecer diferentes acotaciones, tal y como ya fue inicialmente puesto de manifiesto por RICO *et al.*, (1992), y recientemente por MORENO *et al.*, (2006) y SÁNCHEZ-MONTOYA *et al.* (en prensa). De hecho, ALBA-TERCEDOR *et al.*, 2004, realizó una propuesta de acotación del IBMWP, en función de los valores de referencia obtenidos en las diferentes tipología (Fig. 4) cuya validez de aplicación ha sido recientemente demostrada por MUNNÉ & PRAT (2006).

Estado Ecológico	IBMWP	Significado (*)	Color
Muy Bueno	>100	Curso de agua no contaminado o no alterado de modo sensible	Azul
Bueno	61-100	Curso de agua con leves signos de contaminación o alteración	Verde
Aceptable (=Moderado)	36-60	Curso de agua contaminado o alterado, en situación dudosa (sistema alterado)	Amarillo
Deficiente	16-35	Curso de agua muy contaminado en situación crítica (sistema muy alterado)	Naranja
Malo	<15	Curso de agua fuertemente contaminado, en situación muy crítica (sistema fuertemente alterado)	Rojo

Fig. 5.- Acotación de las puntuaciones del IBMWP según Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tercedor, 1996; Alba-Tercedor & Pujante, 2000; Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2004; Alba-Tercedor *et al.*, 2005. Las cuales necesitan una revisión (ver texto).

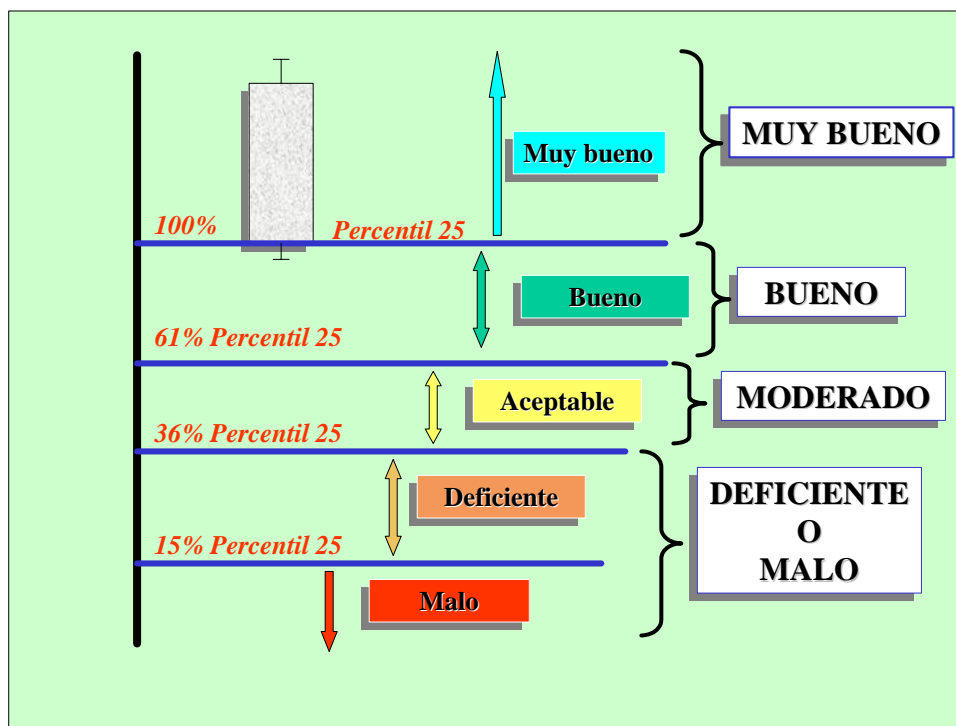


Fig. 4.- Propuesta de acotación de los valores del IBMWP (=BMWP') según la tipología y de acuerdo con las exigencias de la DMA (Alba-Tercedor *et al.*, 2004).

EL PROTOCOLO IBMWP A LA LUZ DE LAS EXIGENCIAS DE LA DMA

En la DMA se especifica la obligatoriedad de estudiar la “*composición y abundancia*” de la fauna bentónica de invertebrados (DOCE, 2000). Con el protocolo original de muestreo (ALBA-TERCEDOR & SÁNCHEZ-ORTEGA, 1988; ALBA-TERCEDOR, 1996; ALBA-TERCEDOR & PUJANTE, 2000), tan solo era posible obtener datos cualitativos de la composición de macroinvertebrados, y con ellos evaluar el estado ecológico. Es por ello que a lo largo del proyecto Guadalmed se desarrolló un nuevo protocolo de muestreo y elaboración de muestras que permite una aproximación al cálculo de las abundancias relativas (JÁIMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2004). A pesar de ello se abrió en nuestro país una cierta en lo que respecta a la interpretación de las exigencias de la Directiva Marco, y sobre cuál es el mejor protocolo de muestreo para poder estudiar la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos. En este sentido, existe una corriente en España conocida coloquialmente como el “método de los 20 kicks”. Éste consiste en un muestreo multihábitat semicuantitativo, distribuyendo la toma de 20 muestras de forma proporcional a los tipos de hábitats y/o sustratos existentes en el lugar de muestreo. Existe asimismo un protocolo de separación de la muestra en el laboratorio. Tanto el tipo de muestreo como la separación de muestras están basados en los protocolos publicados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Norteamérica) (BARBOUR *et al.*, 1999, 2006), que con algunas modificaciones ha sido adoptada dentro del proyecto europeo AQEM (AQEM consortium, 2002; HERING *et al.*; 2003).

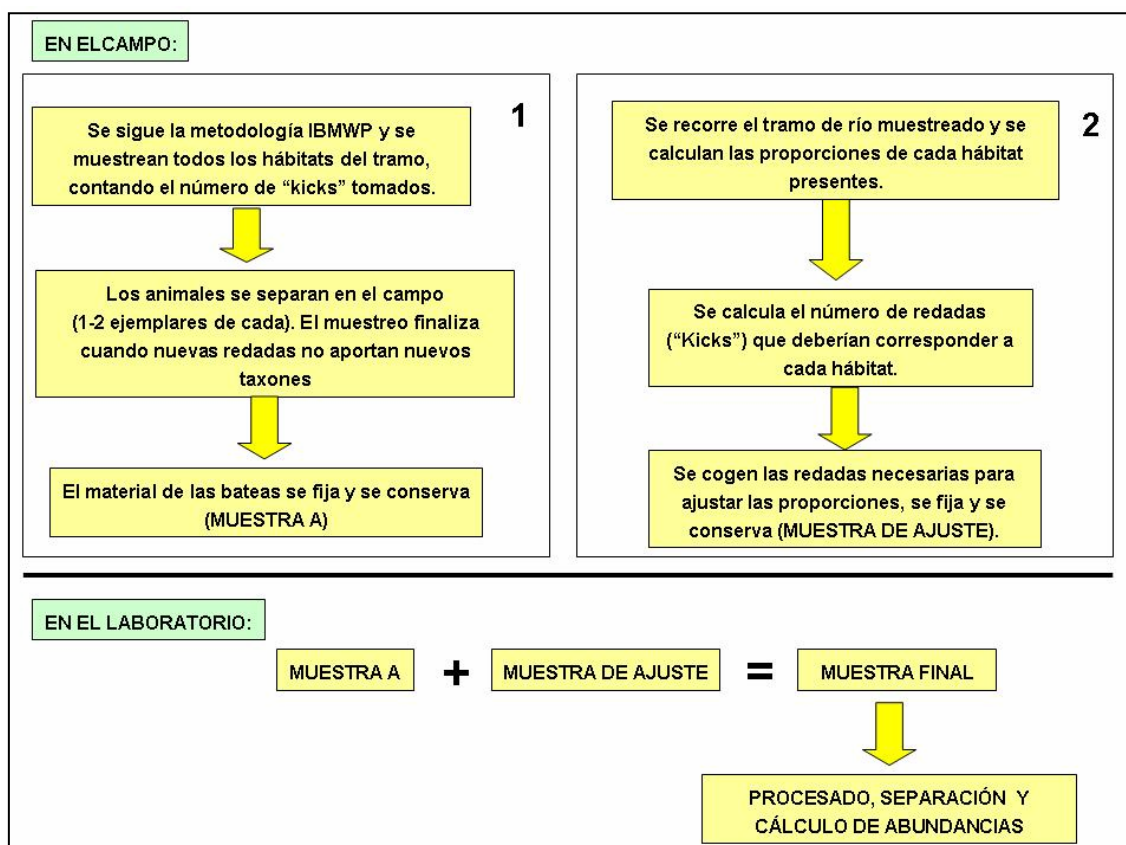


Fig. 4.- Pasos a seguir para la aplicación del “Protocolo semicuantitativo del IBMWP” propuesto por JAÍMEZ-CUÉLLAR *et al.* (2006).

Para dilucidar esta problemática realizamos un estudio en la cuenca hidrográfica del río Ebro, muestreando todas las tipologías de ríos adoptadas por la Confederación Hidrográfica del Ebro. En cada punto se realizó un estudio comparativo de las dos metodologías de muestreo de

macroinvertebrados que vienen siendo utilizadas en la Península Ibérica para el cálculo del Estado Ecológico (IBMWP “protocolo I” y “20 Kicks”). Asimismo establecieron un nuevo protocolo que integra las ventajas de los anteriores y que permite obtener datos cualitativos y semicuantitativos. Los resultados muestran que la nueva aproximación permite obtener mayor número de taxones, mayor valor de Estado Ecológico y mayor clase de calidad, comparando con las otras metodologías estudiadas, y a su vez, el IBMWP (“protocolo I”) se obtiene mejores resultados que el método de “20 Kicks”. (Figs. 5 y 6. Para más detalles ver JÁIMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2006).

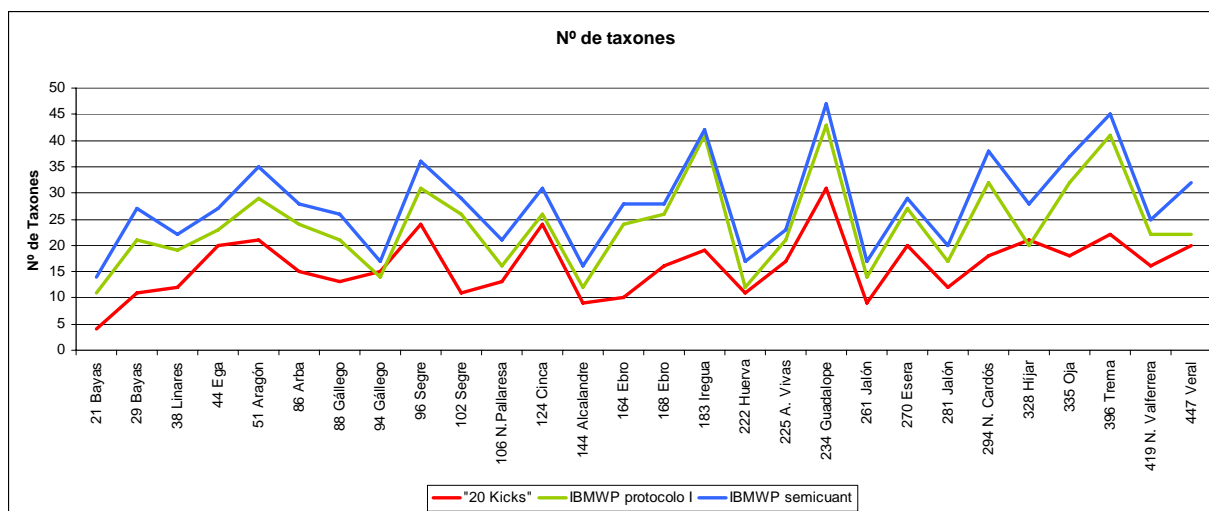


Fig. 4.- Diferencia de número de taxones capturados según los tres protocolos de muestreo y elaboración de muestras de macroinvertebrados empleadas actualmente en España. Se observa que de todas ellas la de “20 kicks” es la que obtiene una menor eficacia de muestreo (según JAÍMEZ-CUÉLLAR *et al.*, 2006).

BIBLIOGRAFIA

- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV SIAGA*, 2: 203-213.
- ALBA-TERCEDOR, J. 2000. BMWP', un adattamento spagnolo del British Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score System. *Biol. Amb.*, 14(2): 65-67.
- ALBA-TERCEDOR, J. 2006. Aquatic Macroinvertebrates. En: *Biological Monitoring of Rivers. Applications and Perspectives*. 2006. pp. 71-87. (G. Ziglio, M. Siligardi & G. Flaim Eds.). Water Quality Measurements Series. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex. I.S.B.N.: 0-470-86376-5/ QH96.8.B5B5473 2006.
- ALBA-TERCEDOR, J., P. JÁIMEZ-CUÉLLAR, M. ÁLVAREZ, J. AVILÉS, N. BONADA, J. CASAS, A. MELLADO, M. ORTEGA, I. PARDO, N. PRAT, M. RIERADEVALL, S. ROBLES, C. E. SÁINZ-CANTERO, A. SÁNCHEZ-ORTEGA, M. L. SUÁREZ, M. TORO, M. R. VIDALABARCA, S. VIVAS Y C. ZAMORA-MUÑOZ. 2004. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP'). *Limnetica*, 21(3-4), 2002: 175-185.
- ALBA-TERCEDOR, J., PARDO, I., PRAT, PUJANTE, A. & GONZALEZ, G. 2005. *Protocolos de Muestreo y Análisis para Invertebrados Bentónicos*. En: *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua*. 2005. pp. 1-56. (Ministerio de Medio Ambiente-Confederación Hidrográfica del Ebro.- URS, Ed. http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/dma/indicadoresbiologicos/Manual_bentonicos.pdf).

- ALBA-TERCEDOR, J. & PRAT, N. 1992. Spanish experience in the use of macroinvertebrates as biological 14606 EN-FR, 1992- pollution indicators. En: *River Water Quality Ecological Assessment and Control* (Eds. P. Newman, A. Piavaux & R. Sweeting): 733-738. Commission of the European Communities, EUR III, 751 pp. Bruselas.
- ALBA-TERCEDOR, J. & A. SÁNCHEZ-ORTEGA. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- AQEM consortium, 2002. Manual for the application of the AQEM method. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002.
- BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN, B. D. SNYDER & STRIBLING, J. B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, 2nd ed.* EPA 841-B-99-002. US EPA, Office of Water, Washington D.C., USA.
- BARBOUR, M.T., STRIBLING, J.B. & VERDONSCHOT, P.F.M. 2006. The Multihabitat Approach of USEPA's Rapid Bioassessment Protocols: Benthic Macroinvertebrates. *Limnetica*, 25 (3): 839-850.
- DALL, P. C. & LINDERGAARD, C. (Eds), 1995. En: *oversigt over ferskvands-invertebrater til brug ved bedømmelse af forureningen i søer og vandløb*. Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet.
- DE PAUW, N., GABRIELS, W., & GOETHALS, P.L.M. 2006. River Monitoring and Assessment Methods Based on Macroinvertebrates. En: *Biological Monitoring of Rivers: Applications and Perspectives*. (Eds G. Ziglio, M. Siligardi and G. Flaim) pp. 113-134. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.
- DE PAUW, N., VAN DAMME, D. & BIJ DE VAATE, A., 1995. *Manual for Macroinvertebrate Identification and Water Quality Assessment*, document intended for use in the 'Integrated Programme for Implementation of the Recommended Transnational Monitoring Strategy for the Danube River Basin', a CEC PHARE/TACIS Project. State University of Ghent: Ghent.
- DOCE. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. D.O.C.E. L 327 de 22.12.00. 69 pp.
- FITTER, R. & MANUEL, R., 1986. *A Collins Field Guide to the Freshwater Life of Britain and North-West Europe*. William Collins: London, UK.
- GHETTI, P.F., 1997. *Manuale di applicazione indice biotico esteso (I.B.I.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Prov. autonoma di Trento. Agenzia provinciale per la protezione dell ambiente. Trento.
- GHETTI, P.F. & BONAZZI, G. 1981. *I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua*. Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente, CNR AQ/1/127, 181 p.
- GONZÁLEZ, M.A. & COBO, F. 2006. *Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia*. Ed. Hércules de Ediciones. A Coruña.
- HELLAWELL, J. 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publ. 546p. London & New York.
- HERING, D.; BUFFAGNI, A.; MOOG, O.; SANDIN, L.; SOMMERHAÜSER, M.; STUBAUER, I.; FELD, C.; JOHNSON, R.; PINTO, P.; SKOULIKIDIS, N.; VERDONSCHOT, P.; ZHRÁDKOVÁ, S. 2003. The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates - design of the Sampling Programme within the AQEM project. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 88: 345-361.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR P., VIVAS, S., BONADA, N., ROBLES, S., MELLADO, A., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., CASAS, J., ORTEGA, M., PARDO, I., PRAT, N., RIERADEVALL, M., SÁINZ-CANTERO, C.E., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M.L., TORO, M., VIDAL-

- ABARCA, M.R., ZAMORA-MUÑOZ, C. & ALBA-TERCEDOR, J. 2004. Protocolo Guadalmed (PRECE). *Limnetica* 2002 21(3-4): 187-204.
- JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., PALOMINO MORALES, J., LUZÓN ORTEGA, J. & ALBA-TERCEDOR, J. 2006. Comparación de metodologías empleadas para la evaluación del Estado Ecológico de los cursos de agua. Implicaciones sobre la obtención de datos de composición y abundancia según la Directiva Marco del Agua *Tecnología del Agua*, 278: 42-57.
- METCALFE, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60: 101-139.
- MORENO, J.L., NAVARRO, C. & DE LAS HERAS, J. 2006. Propuesta de un índice de vegetación acuática (IVAM) para la evaluación del estado trófico de los ríos de Castilla-La Mancha: Comparación con otros índices bióticos. *Limnetica* 25(3): 821-828.
- MUNNÉ, T. & PRAT, N. 2006. Intercalibration exercise. Mediterranean-GIG working group Report. June, 2006. 15 pp.
- ORTIZ CASAS, J. L. 2004. La directiva marco del agua (2000/60/CE): aspectos relevantes para el proyecto GUADALMED. *Limnetica*, (2002) 21(3-4): 5-12.
- PARDO, I.; ÁLVAREZ, M.; CASAS, J.; MORENO, J.L.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ALBA-TERCEDOR, J.; JAIMEZ-CUÉLLAR, P.; MOYÁ, G.; PRAT, N.; ROBLES, S.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-ABARCA, M. R. 2004. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4), 2002: 115-133.
- PRAT, N. 2004. El proyecto GUADALMED. *Limnetica*, 21(3-4), 2002: 1-3.
- PUIG, M. A., BENITO, G., FERRERAS, M., ROMERO, J., GARCIA-AVILES, J. & SOLER, G., 1999. *Els macroinvertebrats dels rius catalans*. Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. Barcelona (en catalán con traducciones a castellano e inglés).
- RICO E., RALLO A., SEVILLANO M.A. & ARRETXE M.L. 1992. Comparison of indices for assessment of running water quality. *Annales de Limnologie*, 28, 147-156.
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H., (Eds.), 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman and Hall. New York & Oslo.
- SÁNCHEZ-MONTOYA, M.M., SUÁREZ, M.L., VIDAL-ABARCA, M.R., PUNTI T., POQUET, J.M., ROBLES, S., ÁLVAREZ, M., RIERADEVALL, M., ALBA-TERCEDOR, J., ZAMORA-MUÑOZ, C., TORO M. & PRAT, N. (en prensa). Criteria for selection of reference sites in Mediterranean streams.
- SANSONI, G., 1988. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiane*. Centro italiano di Biologia Ambientale: Provincia Autonoma di Trento, Trento.
- TACHET, H., RICHOUX, P., BOURNAUD, M. & USSEGLIO-POLATERA, P., 2000. *Invertebres d'Eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions. Paris.
- TACHET, H., BOURNAUD, M., RICHOUX, P., CAILLERE, P.L., COULET, M., FONTAINE, J. & PATTEE, E. 2006.- *Claves dicotómicas de macroinvertebrados del bentos*. En: *Claves para observar y reconocer*. Adopta un tío (AUR). (Rodríguez Ruiz et al.,) . AEMS-Rios con vida. Madrid.
- ZAMORA-MUÑOZ, C.; SÁINZ-CANTERO, C.E.; SANCHEZ-ORTEGA, A. & ALBA-TERCEDOR, J. (1995). Are biological indices BMWP' and ASTP' and their significance regarding water quality seasonally dependent?. Factors explaining their variation. *Wat. Res.*, 29(1); 285-290.

APENDICE: Puntuaciones para el cálculo del IBMWP

ARÁCNIDOS		Punt.	EFEMERÓPTEROS		Punt.	ODONATOS		Punt.	
<i>Hidracarina</i>	4		<i>Baetidae</i>	4		<i>Aeshnidae</i>	8		
COLEÓPTEROS			<i>Caenidae</i>	4		<i>Calopterygidae</i>	8		
<i>Chrysomelidae</i>	4		<i>Ephemerellidae</i>	7		<i>Coenagrionidae</i>	6		
<i>Clambidae</i>	5		<i>Ephemeridae</i>	10		<i>Cordulegasteridae</i>	8		
<i>Curculionidae</i>	4		<i>Heptageniidae</i>	10		<i>Corduliidae</i>	8		
<i>Dryopidae</i>	5		<i>Leptophlebiidae</i>	10		<i>Gomphidae</i>	8		
<i>Dytiscidae</i>	3		<i>Oligoneuriidae</i>	5		<i>Lestidae</i>	8		
<i>Elmidae</i>	5		<i>Polymitarcidae</i>	5		<i>Libellulidae</i>	8		
<i>Gyrinidae</i>	3		<i>Potamanthidae</i>	10		<i>Platycnemididae</i>	6		
<i>Haliplidae</i>	4		<i>Prosopistomatidae</i>	7	OLIGOQUETOS				
<i>Helophoridae</i>	5		<i>Siphonuridae</i>	10	Todos				1
<i>Hydraenidae</i>	5	HETERÓPTEROS			PLECÓPTEROS				
<i>Hydrochidae</i>	5	<i>Aphelocheiridae</i>	10	<i>Capniidae</i>	10				
<i>Hydrophilidae</i>	3	<i>Corixidae</i>	3	<i>Chloroperlidae</i>	10				
<i>Hygrobiidae</i>	3	<i>Gerridae</i>	3	<i>Leuctridae</i>	10				
<i>Noteridae</i>	3	<i>Hydrometridae</i>	3	<i>Nemouridae</i>	7				
<i>Psephenidae</i>	3	<i>Mesoveliidae</i>	3	<i>Perlidae</i>	10				
<i>Scirtidae (=Helodidae)</i>	3	<i>Naucoridae</i>	3	<i>Perlodidae</i>	10				
CRUSTÁCEOS			<i>Nepidae</i>	3	<i>Taeniopterygidae</i>	10			
<i>Asellidae</i>	3	<i>Notonectidae</i>	3	TRICÓPTEROS					
<i>Astacidae</i>	8	<i>Pleidae</i>	3	<i>Beraeidae</i>	10				
<i>Atyidae</i>	6	<i>Veliidae</i>	3	<i>Brachycentridae</i>	10				
<i>Corophiidae</i>	6	HIRUDÍNEOS			<i>Calamoceratidae</i>	10			
<i>Gammaridae</i>	6	<i>Erpobdellidae</i>	3	<i>Ecnomidae</i>	7				
<i>Ostracoda</i>	3	<i>Glossiphoniidae</i>	3	<i>Glossosomatidae</i>	8				
<i>Palaemonidae</i>	6	<i>Hirudidae</i>	3	<i>Goeridae</i>	10				
DÍPTEROS			<i>Piscicolidae</i>	4	<i>Hydropsychidae</i>	5			
<i>Anthomyiidae (*)</i>	4	NEURÓPTEROS			<i>Hydroptilidae</i>	6			
<i>Athericidae</i>	10	<i>Sialidae</i>	4	<i>Lepidostomatidae</i>	10				
<i>Blephariceridae</i>	10	LEPIDÓPTEROS			<i>Leptoceridae</i>	10			
<i>Ceratopogonidae</i>	4	<i>Crambidae (=Pyralidae)</i>	4	<i>Limnephilidae</i>	7				
<i>Chironomidae</i>	2	MOLUSCOS			<i>Molannidae</i>	10			
<i>Culicidae</i>	2	<i>Ancylidae</i>	6	<i>Odontoceridae</i>	10				
<i>Dixidae</i>	4	<i>Bithyniidae</i>	3	<i>Philopotamidae</i>	8				
<i>Dolichopodidae</i>	4	<i>Ferrissidae</i>	6	<i>Phryganeidae</i>	10				
<i>Empididae</i>	4	<i>Hydrobiidae</i>	3	<i>Polycentropodidae</i>	7				
<i>Ephydriidae</i>	2	<i>Lymnaeidae</i>	3	<i>Psychomyiidae</i>	8				
<i>Limoniidae</i>	4	<i>Neritidae</i>	6	<i>Rhyacophilidae</i>	7				
<i>Psychodidae</i>	4	<i>Physidae</i>	3	<i>Sericostomatidae</i>	10				
<i>Ptychopteridae</i>	4	<i>Planorbidae</i>	3	<i>Uenoidae (=Thremmatidae)</i>	10				
<i>Rhagionidae</i>	4	<i>Sphaeriidae</i>	3	TURBELARIOS					
<i>Scatophagidae (*)</i>	4	<i>Thiaridae</i>	6	<i>Dendrocoelidae</i>	5				
<i>Sciomyzidae</i>	4	<i>Unionidae</i>	6	<i>Dugesidae</i>	5				
<i>Simuliidae</i>	5	<i>Valvatidae</i>	3	<i>Planariidae</i>	5				
<i>Stratiomyidae</i>	4	<i>Viviparidae</i>	6						
<i>Syrphidae</i>	1	(*) <i>Anthomyiidae</i> y <i>Scatophagidae</i> se agrupaban antes como <i>Muscidae</i>							
<i>Tabanidae</i>	4								
<i>Thaumaleidae</i>	2								
<i>Tipulidae</i>	5								

XIII CURSO

LIMNOLOGÍA Aplicada: Embalses, Lagunas y Ríos



MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CEDEX

CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS