

**CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA TRÓFICA
DE LOS MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO JÚCAR Y
SUS TRIBUTARIOS, EN LA PROVINCIA DE ALBACETE,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DEL MODO
DE NUTRICIÓN (IMN)**

por

Juan RUEDA SEVILLA*

Ramón HERNÁNDEZ VILLAR*

* Departamento de Microbiología y Ecología, Universidad de Valencia, Burjasot
(Valencia), España.

Dirección de contacto: Juan RUEDA SEVILLA, C/. San Rafael, 40 - pta. 34. E
46011 Valencia.

E-mail: juan.rueda@uv.es

RESUMEN

Se estudia la estructura trófica de los invertebrados del río Júcar y de sus tributarios en la provincia de Albacete. Los cursos de agua estudiados fueron los siguientes: los ríos Arquillo, Balazote, Carcelén, Jardín, Júcar, Lezuza, Masegoso y Montemayor, el canal de Doña María Cristina, los arroyos de Abenjibre y de Motilleja y las ramblas de Ayora y de San Lorenzo. Una vez contabilizados los invertebrados recolectados se agruparon según su modo de nutrición y se aplicó el índice IMN.

De las 28 estaciones estudiadas, 11 obtienen una calidad trófica de clase I (red trófica muy diversificada, medio saludable), 6 de clase II (red trófica diversificada, medio con tendencia al estrés), 6 de clase III (red trófica poco diversificada, medio estresado), 5 de clase IV (red trófica simplificada, medio muy estresado) y 1 de clase V (red trófica muy simplificada, medio fuertemente estresado). Los valores del IMN oscilan entre 17 y 95 y dicha variación a la baja puede deberse tanto a la contaminación como a otro tipo de perturbaciones como podría ser el caso de cierta temporalidad del curso de agua. Cuando existe un equilibrio entre los diferentes grupos tróficos que se encuentran en el medio, situación que se corresponde con valores altos en el índice IMN, se observa una mayor diversidad de organismos así como de la calidad de sus aguas, pero cuando la complejidad trófica se reduce, coincide con un aumento en las perturbaciones efectuadas sobre dicho medio.

Palabras claves: Invertebrados acuáticos, índice trófico, calidad del agua, IMN, IBMWP, Shannon, río Júcar, Albacete.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF THE MACROINVERTEBRATE TROPHIC STRUCTURE IN THE RIVER JÚCAR AND ITS TRIBUTARIES IN ALBACETE PROVINCE (SPAIN), BY MEANS OF THE APPLICATION OF THE NUTRITION MODE INDEX (IMN)

We study the macroinvertebrate trophic structure in the River Júcar and its tributaries in the Albacete province of Spain. The studied streams included the following: rivers Arquillo, Balazote, Carcelén, Jardín, Júcar, Lezuza, Masegoso and Montemayor, the channel of Doña María Cristina, the brooks of Abenjibre, Motilleja, and the wadies of Ayora and San

Lorenzo. The collected macroinvertebrates were counted and later on grouped according to their nutritional mode, in order to calculate the IMN index.

Out of 28 stations studied, 11 of these showed a trophic quality belonging in class I (highly diversified trophic web, healthy environment), 6 stations attained class II level (diversified trophic web, environment approaching stress), 6 belonged to class III (lowly diversified trophic web, stressed environment), 5 were classified in class IV (simplified trophic web, highly stressed environment) and 1 attained class V (highly simplified trophic web, strongly stressed environment). The IMN values ranged between 17 and 95, and variation at the lowest part of the range could be caused either by pollution or by another type of disturbances such as seasonality of the stream. When equilibrium among the different trophic groups that were present in these environments is attained, *i.e.* a situation that corresponds to high IMN index values, we observe a higher diversity of organisms, so as higher water quality, but when the trophic complexity is reduced, this corresponds to an increase of disturbances suffered by such environment.

Keywords: aquatic invertebrates, trophic index, water quality, IMN, IBMWP, Shannon, River Júcar, Albacete

0. INTRODUCCIÓN

Desde 1997 hemos ido desarrollando diferentes proyectos vinculados a la cuenca del río Júcar en la provincia de Albacete (Rueda *et al.*, 2001, 2003, 2005b) que abarcaban los cursos de agua de los ríos Júcar, Jardín, Arquillo, Masegoso, Montemayor, Balazote, Carcelén y Lezuza, el canal de Doña María Cristina, los arroyos de Motilleja y de Abenjibre, las ramblas de Ayora y de San Lorenzo. Algunos de los cauces mencionados suelen estar secos, pero la mayoría vierte sus aguas directa o indirectamente, sumándose a los posteriores hasta llegar al Júcar. Todos ellos contribuyen en mayor o menor medida al caudal de dicho río entregado a la Comunidad Valenciana.

La utilización del agua de los ríos ha sido y es de suma importancia para nuestra sociedad. La agricultura, la industria, el turismo, cada uno de nosotros necesita dicha agua, pero lo más importante de esta valoración es que también la van a necesitar nuestros hijos, nietos y un sinnúmero de generaciones. El buen uso de este recurso, a largo plazo, influirá favorablemente en el desarrollo sostenible. Éste es el reto más destacable de nuestra época, de cómo vamos a concebir el uso del agua en los próximos decenios. ¿Cuál es el lugar de los macroinvertebrados acuáticos? (organismos artrópodos y no artrópodos cuyo tamaño en forma larval o adulta supera normalmente el milímetro). Se utilizan para detectar posibles cambios en la calidad y ecología del agua de los sistemas acuáticos continentales.

Desde hace algún tiempo se vienen utilizando diferentes índices biológicos de calidad para el estudio de los ríos. En Bélgica se elaboró el “Method for Biological Quality Assessment of Watercourses in Belgium” por De Pauw y Vanhooren (1983). En Francia se utiliza el “Indice Biologique Global Normalisé” (IBGN), adoptado por la “Association Française de Normalization” (AFNOR, 1992). En la Península Ibérica utilizamos el IBMWP (Alba-Tercedor *et al.*, 2004).

Hasta la fecha, los estudios biológicos basados en la calidad del agua centraban su atención en la presencia de determinadas familias de invertebrados acuáticos (IBMWP; Alba-Tercedor *et al.*, 2004). La aportación de un índice basado en el modo nutricional (IMN; Rueda *et al.*, 2005a), al igual que la riqueza faunística o el índice de diversidad de Shannon, proporciona una información complementaria sobre el estado ecológico del medio estudiado.

1. OBJETIVOS

Realizar un estudio de la calidad ecológica basado en la forma de nutrición de los macroinvertebrados acuáticos mediante la aplicación de un nuevo índice ecológico (IMN; Rueda *et al.*, 2005a).

2. METODOLOGÍA

2.1. Ámbito del estudio

El sector estudiado incluye los ríos Júcar, Jardín, Arquillo, Masegoso, Montemayor, Balazote, Carcelén, Lezuza, el canal de Doña María Cristina, los arroyos de Motilleja y de Abenjibre y las ramblas de Ayora y de San Lorenzo. De todos estos medios, en el presente trabajo, se han suprimido las estaciones en las que no se observó circulación de agua (tabla 1 y figura 1).

2.2. Un índice ecológico basado en el modo de nutrición de los macroinvertebrados (IMN)

Se sabe que nuestra salud esta fuertemente ligada a la alimentación, y de la existencia de las cadenas y redes tróficas en la naturaleza. Un ambiente sano estará en equilibrio en lo que se refiere a los diferentes organismos que lo componen, ya sean predadores, herbívoros, omnívoros u otros. En el mundo de los macroinvertebrados ocurre exactamente lo mismo y este equilibrio es el que hemos pretendido modular. ¿Cuáles son las ventajas? Permite categorizar la salud trófica de los sistemas acuáticos lagunares y de los ríos, o sea, de cualquier sistema acuático continental. Se denomina “Índice del Modo Nutricional” (IMN; Rueda *et al.*, 2005a) y su aplicación ya se presentó en diferentes comunicaciones durante el X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología en 2000 (Rueda *et al.*; 2000a, 2000b; Hernández *et al.*, 2000).

En la naturaleza una estructura trófica compleja suele estar relacionada con un medio heterogéneo y carente de perturbaciones. Cuando existen cambios en el agua a causa de aportes orgánicos o de una homogeneización del medio, dichos cambios incidirán directamente sobre la diversidad biológica y sobre los grupos tróficos implicados, simplificando las cadenas y redes mencionadas. La agrupación del modo de nutrición utilizada para los diferentes invertebrados acuáticos, es una recopilación de Tachet

et al. (1987, 2000) y se presenta en la tabla 2. Dicha agrupación toma en consideración, por una parte, la forma de recolectar el alimento y por otra, el tamaño y la naturaleza del elemento ingerido. Según comenta el autor anteriormente citado, es un hecho que no es sencillo definir el modo de nutrición estricto de un organismo, ya que, en determinadas circunstancias, como la falta de acceso al alimento, en este caso se puede dar el paso de un grupo determinado a otro. En cualquier caso se entiende que la inclusión de un macroinvertebrado en un grupo concreto se debe al principal modo de nutrición observado. A continuación reproducimos las consideraciones aportadas por Tachet *et al.* (1987).

Los Masticadores: constituyen el grupo de menor especialización anatómica. Existen Masticadores herbívoros (H) que cortan en pedazos los macrófitos vivos relativamente voluminosos. La vegetación en vía de descomposición (a menudo alóctona) es atacada por los masticadores detritívoros (D) y estos pueden convertirse en masticadores omnívoros (O) en la medida en que ingieren al mismo tiempo animales muertos u enfermos (por ejemplo los gammáridos). Los masticadores carnívoros (P) atacan a sus presas vivas que desmenuzan en trozos más o menos voluminosos (Rhyacophylidae) o enteros (*Perlodes* sp.).

Los Ramoneadores (Rm): constituyen un grupo intermedio entre masticadores herbívoros, detritívoros u raspadores. Recortan la capa biológica viva (micrófitos, microflora y microinvertebrados) que recubre los macrófitos, arrancando a su vez una parte del soporte vegetal (Lymnaeidae entre otros).

Los Raspadores (Rs): Poseen un aparato bucal ligeramente modificado que les permite raspar únicamente la capa biológica viva que recubre los macrófitos y las piedras. Tragan al mismo tiempo los minerales y los desechos orgánicos que se han depositado (ejemplo: Glossosomatidae y Ancyliidae).

Los Limnívoros (L): Su espacio se restringe al sustrato blando. Tragan sedimentos muy finos (psammon) que encierra a menudo cantidades más o menos importante de materia orgánica con microflora y microfauna (Tubificidae).

Los Filtradores (F): Constituye un grupo muy especializado que, con ayuda de apéndices modificados (premandíbulas de Simuliidae) o de construcciones elaboradas (redes de Hydropsychidae) capturan la materia orgánica, la microflora y la microfauna arrastrada por la corriente (seston).

Los chupadores (Ch): Representan también un tipo especializado. Su aparato bucal esta modificado para absorber alimento líquido. Algunos son raros como los chupadores herbívoros (ChH) y otros son más frecuentes como los chupadores predadores (ChP).

Para el cálculo del índice IMN se recurre a las frecuencias de aparición de los diferentes grupos de nutrición por lo que implica el recuento de todos los organismos de la muestra y es condición imprescindible la captura de al menos 200 individuos. La metodología de muestreo es la empleada habitualmente en Alba-Tercedor *et al.* (2004). Se confecciona una tabla con una primera columna referente a los grupos nutricionales (H, O, D, P, Rm, Rs, F, L, ChH y ChP), las columnas siguientes corresponden a cada una de las muestras de un mismo estudio. En cada celda se incluirá la frecuencia de aparición de los diferentes grupos. Bajo dicha tabla se continua con una primera columna que establece, en la primera fila, cuantos grupos nutricionales superan el 15%, en la segunda fila los que superan el 14% y así sucesivamente hasta los que superan el 0%. La fila siguiente se empleará para el sumatorio positivo. Continuamos la tabla con valores que se utilizarán como negativos, es decir: una fila para el 0%, y otras para frecuencia superiores al 40%, 45%, 50%, 60%, 70% y 80%. La fila siguiente se empleará para el sumatorio negativo. El valor del IMN será la resta del sumatorio negativo sobre el positivo. Una explicación más detallada puede encontrarse en la página web: www.uv.es/~rajuan, seleccionando el icono “publicaciones”.

En base a los resultados faunísticos obtenidos en anteriores estudios se realizan los correspondientes cálculos del índice IMN, según Rueda *et al.* (2005a), se agrupan los resultados en las categorías expuestas en la tabla 3 para obtener su significado y posteriormente se pueden completar los resultados mediante la confección de un mapa de colores.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han separado los resultados en dos grupos bien definidos, por un lado los que corresponden al río Júcar (J, tabla 4) y por otro los tributarios (TJ, tabla 5). En dichas tablas se pueden observar los grupos que dominan en cada uno de los puntos de muestreo. Para el río Júcar el grupo mejor representado es el de los ramoneadores en 7 puntos, seguido de los omnívoros y raspadores en dos y el de los limnóvoros en uno. Para los tributarios los ramoneadores están representados mayoritariamente en 8 puntos, seguido por los limnóvoros en 3, los raspadores, filtradores, Chupadores herbívoros y detritívoros lo hacen en una estación cada uno. Por último la estación TJ15 tiene dos grupos que dominan por igual, estos son los ramoneadores y los omnívoros.

Una vez calculado los valores del índice IMN y su adjudicación a la clase de calidad, detallamos los resultados en las tablas 6 y 7.

Para el río Júcar (tabla 6, fig. 3) se observa un valor máximo en la estación J-11 con una puntuación de 95 y el más bajo se registra en J-9 con 35, lo que nos ofrece un rango de movimiento desde la clase I a la IV. De las 12 estaciones 3 obtienen una calificación de “red trófica muy diversificada” (J-7, J-11 y J-12) y se considera que los invertebrados se desarrollan en un “medio saludable”. Existen 4 estaciones que obtienen una calificación de “red trófica diversificada” (J-4, J-5, J-6 y J-10) pero en este caso se desarrollan en un medio con tendencia al estrés. Para el siguiente grupo, clasificado de “red trófica poco diversificada” tenemos 3 puntos de muestreo (J-2, J-3 y J-8) y en este caso se considera un “medio estresado”. Por último, tenemos 2 estaciones valoradas como “red trófica simplificada” y en posesión de un “medio muy estresado” (J-1 y J-9). Se da la condición de que la calidad biológica de estas estaciones, calculada en Rueda *et al.* (2001), ya nos ofrecía unos valores muy bajos, por lo que el IMN nos confirmaría esta situación. De hecho se observa que en cada una de ellas existe la dominancia de un grupo nutricional por encima del 70% (tabla 4). Dichos valores podrían atribuirse al excesivo control del caudal del cauce principal por parte de los embalses situados río arriba.

En el caso de los tributarios del río Júcar (tabla 7, fig. 3) obtenemos valores correspondientes a todas las clases de calidad trófica. El mejor resultado con respecto al IMN fue para la estación TJ-22 con una puntuación de 90 y el más bajo, (clase V), lo obtuvo la TJ-27 con un valor de 17. Se da la coincidencia que, junto con TJ-12, que se encuadra en la clase IV con un valor de 32, sus aguas se ven afectadas por los vertidos urbanos de Fuentealbilla y Peñascosa respectivamente. Cabe señalar que las estaciones L-01, L-02, TJ-06, TJ-11, TJ-13, TJ-15, TJ-22 y TJ-26 han sido clasificados como poseedoras de una “red trófica muy diversificada”, por lo que podemos relacionarlas con un “medio saludable”. En la clase II sólo se presenta la estación TJ-14 con un valor de 65. A las estaciones TJ-10 y TJ-17 les corresponden la clase III, con unos valores de 53 y 45 respectivamente. Para la clase IV se agrupan las estaciones TJ-04, TJ-05 y TJ-12. Al igual que en el caso del río Júcar, se observa que estas estaciones, junto con la TJ-27 que obtuvo una clase V, presentan la dominancia de un grupo trófico con valores superiores al 70%. Según aplicamos los rangos de calidad trófica del IMN TJ-27 posee una “red trófica muy simplificada” y un “medio fuertemente estresado”.

Según protocolo de cálculo del índice IMN (Rueda *et al.*, 2005a), se puede estimar un IMN máximo y obtener un IMN medio y un IMN con-

junto. En la estimación del IMN máximo puede existir (como en este caso) que alguna estación supere dicha estimación por lo que se debe tomar el mayor de los dos (*ver ejemplo para el Júcar en la tabla 8).

Con los resultados de la tabla 8 podemos observar que los valores del IMN conjunto aumentan en el sentido del río Júcar, Tributarios y estudio completo, sin embargo el IMN medio es inferior para los tributarios. Esto se debe a la temporalidad de algunos de los cursos de agua tributarios del Júcar a pesar del valor detectado en el IMN conjunto que fue de 86.

Otra información interesante es la obtenida al calcular la equitabilidad (E-IMN), que nos aporta el valor de la distancia que existe entre la calidad trófica observada en cada una de las estaciones y la estimación del IMN máximo ($E-IMN = IMN / IMN \text{ máx}$). En las tablas 9 y 10 se presentan dichos valores, de los cuales se destaca que en el río Júcar, la estación J-9 es la más alejada y en los tributarios es la TJ-27 con 0,37 y 0,19 respectivamente. En el cálculo de la equitabilidad completa (IMN-comp), es TJ-27 la que se encuentra más alejada de obtener una diversificación de su red trófica.

Si comparamos gráficamente (fig. 2) los resultados del IMN con los del índice de Shannon (H'), obtenidos en trabajos anteriores (Rueda *et al.*, 2001 y 2003), podemos observar un diseño similar entre ambos. En dicha gráfica no hemos suprimido las líneas de conexión entre cada estación posibilitando una mejor visualización de lo comentado, sólo se han aislado las rectas de cada uno de los dos estudios. Con ello no debemos pensar en que los dos índices aportan una información idéntica o parecida, debemos recordar que el índice de Shannon nos aporta datos sobre la complejidad de la diversidad biológica de las especies recolectadas y el IMN lo hace sobre la estructura nutricional basada en la clasificación de Tachet *et al.* (1987). Los valores del IMN obtenidos en otros estudios de la península nos han dado correlaciones estadísticas con el Índice de Diversidad de Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1963) mayores que las apreciadas entre esta diversidad y el índice IBMWP e incluso correlaciones negativas del IMN con el fósforo total, los fosfatos o la demanda biológica de oxígeno (DBO) mayores en términos absolutos que las correlaciones de estos indicadores de eutrofia con el índice IBMWP o H' (datos inéditos).

Si observamos la gráfica detalladamente podemos ver que las estaciones J-1, J-9, J-11, L-02, TJ-04, TJ-10, TJ-15, TJ-17 y TJ-26 no coinciden exactamente. Lo que ocurre es que en algunos casos puede existir una alta diversidad frente a un valor bajo en la estructura trófica (TJ-04) o viceversa (J-11, L-02 o TJ-15). En algunos casos, si el recurso es suficiente (no limitado), pueden coexistir muchas especies parecidas desde el punto de vista

funcional, es decir, que tengan el mismo modo de nutrición. Esto implicaría un sistema rico en especies pero pobre desde el punto de vista de la diversidad nutricional. Sin embargo, un sistema de diversidad nutricional alto lleva implícito una mayor complejidad del medio y, por tanto, cabría pensar que puede ser un buen complemento a determinados valores de riqueza, que no siempre tienen que reflejar las mejores condiciones del medio.

Por último se aporta el mapa de colores en el que se puede visualizar la complejidad nutricional tabulada según el índice ecológico IMN (fig. 3).

4. CONCLUSIONES

La aplicación del IMN (IMN medio) nos aporta una valoración de la calidad nutricional para el río Júcar y sus tributarios de 61,5, lo que significa que nos encontramos con una “red trófica diversificada” a nivel global pero con un “medio con tendencia al estrés”.

A nivel local el IMN nos indica que existe cierta perturbación en la complejidad nutricional, llegando incluso a alcanzar valores muy bajos a causa de vertidos sin depurar (TJ-27). En éste caso nos encontramos con un “medio fuertemente estresado” y una “red trófica muy simplificada”.

En lo que respecta al manejo de los invertebrados acuáticos, el IMN puede servir de complemento en la caracterización de los ríos junto a los demás índices utilizados como el IBMWP, la riqueza faunística o el de diversidad de Shannon (H'). Su utilización incluso nos puede orientar sobre la diversidad de hábitats existente en un cauce y sobre la disponibilidad de alimento al que accede cada grupo nutricional.

En la aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) debemos tener en cuenta la clasificación de los cauces implicados. En este caso nos encontramos con “masas de agua superficiales continentales”, estas son las masas que tienen mayor relevancia en la directiva ya que sustentan de manera directa los ecosistemas acuáticos (Castañón *et al.*, 2006). En los ríos permanentes como el Júcar se debería mejorar la calidad ecológica de los tramos con valoraciones inferiores a 54 en la aplicación del IMN, si queremos cumplir la normativa establecida en la DMA (anexo V) antes de 2015.

En lo que respecta a los pequeños ríos, ya sean permanentes, endorreicos o temporales, así como sus manantiales, se debería establecer una adecuada figura de protección, compatible con el desarrollo de las zonas rurales y con el fin de evitar cualquier tipo de alteración antrópica sobre ellos, ya que, dichas alteraciones influirán sobre una fauna susceptible de ser reducida o eliminada.

5. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” (Diputación de Albacete) la aportación económica que permitió la realización de dicho proyecto. A su vez agradecemos a D. Santiago Carretero, de Medio Ambiente y Desarrollo Rural (Albacete), y a D. Juan Jiménez, de la Conselleria de Territorio y Habitatge (Valencia), sus aportaciones realizadas en la localización de unas especies claves para este proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AFNOR. (1992). *Essais des Eaux. Determination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)*. Association Française de Normalization, Norme Homologuée T90-350.
- Alba-Tercedor, J., Jáimez, P., Alvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M^a., Robles, S., Sáinz, C E., Sánchez, A., Suárez, M^a L., Toro, M., Vidal, M^a R., Vivas, S. y Zamora, C. (2004). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21 (3-4): 175-185.
- Castañon, O., Más Pla, J., Munné, A., Prat, N., Saurí, D., Alcántara, V., Roca, J., Costejá, M. & Font, N. 2006. *La Directiva Marco del Agua en Cataluña. Generalitat de Catalunya*. 138 pp.
- De Pauw, N. y Vanhooren, G. (1983). Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153-168.
- DMA 2000/60/CE. (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. *Diario Oficial n° L 327 de 22/12/2000 p. 0001 - 0073 (ES, DA, DE, EL, EN, FR, IT, NL, PT, FI, SV)*.
- Hernández, R., Rueda, J. y López, C. (2000). Biología, ecología y caracterización de los macroinvertebrados del río Júcar en la provincia de Albacete. *Libro de actas del X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología*. P87.
- Rueda, J., Hernández, R., López, C. y Martínez, F. (2000a). Ecología y biología de los macroinvertebrados del río Magro (desde su origen en Utiel hasta el embalse de Forata al NW de la provincia de Valencia). *Libro de actas del X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología*. P94.

- Rueda, J., López, C. y Hernández, R. (2000b). Estudio preliminar de los invertebrados acuáticos del Marjal dels Moros, Sagunto (Valencia). *Libro de actas del X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología*. P133.
- Rueda, J., Hernández, R. y Tapia, G. (2001). Biodiversidad, caracterización de los invertebrados y calidad biológica de las aguas del río Júcar a su paso por la provincia de Albacete. IEA “Don Juan Manuel” Diputación de Albacete. *Sabuco*. 1: 8-41.
- Rueda, J., Hernández, R. y López, C. (2003). Biodiversidad, caracterización de los invertebrados y calidad biológica de los ríos, arroyos y ramblas, todos ellos tributarios del río Júcar en la provincia de Albacete (segunda parte). IEA “Don Juan Manuel” Diputación de Albacete. *Sabuco*. 4: 133-171.
- Rueda, J., Hernández, R. y López, C. (2005a). Evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos a partir del modo de nutrición (IMN) de sus invertebrados. Una adaptación para la educación secundaria. *Didáctica de las Ciencias experimentales y sociales*, 19: 103-114.
- Rueda, J., Mezquita, F., López, C., Zamora, L. y Hernández, R. (2005b). El río Cabriel y sus tributarios (Albacete); Evaluación de la calidad biológica, mediante el estudio de sus invertebrados y su bosque de ribera, entre los embalses de Contreras (Cuenca) y Embarcaderos (Valencia). IEA “Don Juan Manuel” Diputación de Albacete. *Sabuco*. 5: 23-87.
- Shannon, C.E. y Weaver, W. (1963). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois.
- Tachet, H., Bournard, M. y Richoux, P. (1987). *Introduction a l'étude des macroinvertébrés des eaux douces*. Univ. Lyon Publ. 154 pp.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. Y Usseglio-Polatera, P. 2000. *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. Cnrs Éditions. 588 pp.

Tabla 1. Datos de la situación de las estaciones de muestreo.

Estaciones	Nombre	Altitud	UTM	Municipio
Puente Don Juan	J1	670	30S WJ 805505	Villalgorido
Villalgorido	J2	665	30S WJ 806499	Villalgorido
Puente San Alejandro	J3	655	30S WJ 824438	Tarzona-Fuencanta
Molino de la Marmosa	J4	645	30S WJ 907367	Albacete-Tarzona
Puente Motilleja	J5	620	30S XJ 020361	Albacete-Madriguera
Valdeganga	J6	590	30S XJ 146335	Valdeganga
Transformador	J7	570	30S XJ 204358	Jorquera
Jorquera	J8	550	30S XJ 278374	Jorquera
Alcalá del Júcar I	J9	515	30S XJ 337395	Alcalá del Júcar
Alcalá del Júcar 2	J10	510	30S XJ 360400	Alcalá del Júcar
Casa Blanca	J11	490	30S XJ 457413	Casas de Ves
Casa del Zurdo	J12	440	30S XJ 535412	Villa de Ves-Balsa de Ves
Lezuz I	L01	950	30S WJ 324096	Lezuz
Lezuz II	L02	860	30S WJ 399093	Lezuz
Jardín I	TJ04	960	30S WH 507920	Robledo
Jardín II	TJ05	860	30S WH 626968	Casas de Lizaro- Alcazar
Balazote	TJ06	760	30S WJ 742044	Balazote
Pomezuelas	TJ10	920	30S WH 548953	Robledo
Arquillo I	TJ11	1240	30S WH 552790	Peñascosa
Arquillo II	TJ12	1140	30S WH 518809	Peñascosa
Arquillo III	TJ13	980	30S WH 556899	Masegoso-Robledo
Pesobre I (Nacimiento)	TJ14	1170	30S WH 549820	Peñascosa
Pesobre II	TJ15	1140	30S WH 549826	Peñascosa
Masegoso	TJ17	1155	30S WH 599849	Masegoso
Casas de Lizaro	TJ22	995	30S WH 675885	Casas de Lizaro
El Hoyo	TJ26	640	30S XJ 236468	Fuentealbilla
Cardenal-Lago	TJ27	635	30S XJ 245462	Fuentealbilla
Carcelén	TJ30	960	30S XJ 469276	Carcelén

Tabla 2. Recopilación de los macroinvertebrados con sus afinidades tróficas (Tachet *et al*, 1987). MN = Modo de nutrición; Ad = Adultos; La = Larvas; H = Herbívoros; O = Omnívoros; D = Detritívoros; P = Predadores; Rm = Ramoneadores; Rs = Raspadores; F = Filtradores; L = Limnívoros; ChH = Chupadores herbívoros; ChP = Chupadores predadores.

Taxón	MN
PORIFERA, BRYOZOA	F
CNIDARIA, NEMERTINA: Tetrastemmatidae, Hirudidae; <i>Haemaphys</i> sp. Erpobdellidae	P
PLATHYHELMINTHA, NEMATHELMINTHA: Nematodo, Gordiacea	ChP
Acosomatidae, Naididae	O
Branchiobdellidae, Glossiphoniidae, Piscicolidae, Hirudidae; <i>Hirudo</i> sp.	ChP
Ótros anélidos	L
Acanthocidae, Ancyridae, Bythinellidae, Ferrissia chassisiensis, Melanopsidae, Neritidae, Valvatidae	Rs
Bithyniidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae, Velsiporidae, Succinidae	F
Bivalvia	Rm
Acanth La.	ChP
Acanth Ad.	P
Ostracoda, Trichoptera, Gammaridae, Decapoda	O
Chirocephalidae, Limnadiidae	F
Argulidae	ChP
Asellidae, Collembola, Chydoridae	D
Caenidae, Ephemerellidae: <i>Ephemerella</i> sp., Ephemeridae, Leptophlebiidae, Oligoneuridae,	D
Polymitarcidae, Potamanthidae, Siphonuridae, Capniidae, Leuctridae, Nemsuridae	
Prosoptomatidae, Heptageniidae, Taeniopterygidae: <i>Brachyptera</i> sp., <i>Rhabdiopteryx</i> sp.	Rs
Baetidae (excepto <i>Raprobastopus</i>)	Rm
<i>Raprobastopus</i> sp.	P
Ephemerellidae: <i>Taeniopteryx</i> sp.	H
Taeniopterygidae: <i>Taeniopteryx</i> sp.	D
Chloroperidae, Perlidae, Perlodidae, Odonata	P
Heteroptera (excepto Coreidae)	ChP
Coreidae	Rs
Agriontidae, Sisyridae	ChP
Osomyiidae, Simuliidae	P
Pyrallidae	H
Dytiscidae: Ad., Hydrobiidae, Hydrophilidae: Larvas, Gyrinidae	P
Dytiscidae: La.	ChP
Elmidae, Eubriidae, Halplidae, Helodidae, Hydraenidae, Hydrophilidae: Ad.	Rm
Chrysomelidae, Helophorinae: Ad., Hydrochidae, Curculionidae	H
Helophoridae: La.	O
Dryopidae	D
Ecnomidae, Malanidae, Polycentrropodidae, Rhyacophilidae	P
Brachycentridae, Glossosomatidae, Geotridae, Helichopsideidae, Leptoceridae, Drusinae,	Rs
Stenophylacini, Cheimopterygini, Odontoceridae, Thremmatidae,	
Hydrophilidae	ChH
Hydropsychidae, Philopotamidae, Psychomyiidae	F
Phryganeidae	O
Beraeidae, Limnephilidae: Apataniinae,	H
Dicosmoecinae, Limnephilini, Lepidostomatidae, Sericostomatidae, Calamoceratidae,	D
Blepharoceridae, Orthocollinae, Diamesinae, Corynoceurinae, Bibidae, Psychodidae	Rs
Tipulidae, Ephydriidae	D
Limoniidae, Chastoridae, Chironomidae: Tanypodinae	P
Cyhdrotomidae	H
Psychoptera, Chironomidae: Chironominae	L
Culicidae, Simuliidae, Stratiomyidae, Syrphidae	F
Ceratopogonidae	O
Anthomyiidae, Athricidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Rhagionidae, Scatophagidae,	ChP
Sciomyzidae, Tabanidae,	

Tabla 3. Rangos de calidad según el IMN.

Valor IMN	Clase	Color	Significado	
Más de 70	I	Azul	Red trófica muy diversificada	Medio saludable
55 a 69	II	Verde	Red trófica diversificada	Medio con tendencia al estrés
40 a 54	III	Amarillo	Red trófica poco diversificada	Medio estresado
20 a 39	IV	Naranja	Red trófica simplificada	Medio muy estresado
0 a 19	V	Rojo	Red trófica muy simplificada	Medio fuertemente estresado

Tabla 4. Frecuencias de aparición de cada grupo en el río Júcar. En negrilla se han representado los valores máximos de cada estación.

Modo de Nutrición	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7	J-8	J-9	J-10	J-11	J-12
H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O	7,68	10,94	19,47	27,27	10,45	32,66	9,91	5,39	77,96	23,50	14,34	2,00
D	0,97	0,00	0,29	7,02	28,09	3,29	14,41	1,08	0,91	2,94	18,73	1,68
F	0,91	0,00	0,05	0,04	0,00	0,23	0,00	0,00	0,46	0,09	0,80	7,71
Rm	74,91	89,28	66,69	44,58	42,16	31,69	25,23	19,40	6,08	17,48	21,81	11,36
Ra	4,20	1,56	14,83	2,07	2,09	18,31	22,07	61,42	5,93	41,95	10,76	20,11
F	5,15	1,56	1,98	6,74	7,49	9,86	14,41	3,02	3,19	5,16	14,24	19,15
L	1,83	14,66	0,24	1,83	0,87	0,23	9,81	1,81	1,96	3,72	15,14	34,34
ChH	3,14	6,25	0,24	4,23	6,10	1,41	3,60	0,86	0,91	2,29	1,20	3,93
ChP	1,82	6,25	2,80	6,14	2,79	2,82	1,23	0,45	2,96	3,72	3,59	2,79

Tabla 5. Frecuencias de aparición de cada grupo en los tributarios del río Júcar. MN=Modo de nutrición. En negrilla se han representado los valores máximos de cada estación.

MN	L01	L02	T004	T005	T006	T010	T011	T012	T013	T014	T015	T017	T021	T024	T027	T030
H	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
O	9,32	17,59	1,89	0,36	18,10	1,96	0,34	0,00	6,93	26,27	22,60	0,87	13,40	20,88	0,00	6,84
D	0,00	6,34	5,16	0,37	4,99	0,84	18,77	4,29	13,34	0,64	1,18	41,79	22,87	5,26	4,67	3,37
F	23,81	3,79	5,99	1,27	0,11	34,53	6,58	0,00	13,51	4,94	4,39	3,62	8,11	0,00	0,00	5,86
Rm	19,05	28,79	74,09	88,54	23,26	30,18	9,66	0,00	29,90	29,80	22,02	49,88	22,34	13,16	0,00	69,00
Ra	4,76	2,80	0,99	0,12	21,17	1,40	0,70	4,23	4,56	16,46	0,62	3,07	19,11	28,00	6,87	7,30
F	29,77	18,26	0,15	5,12	0,26	0,00	1,88	12,29	3,21	0,44	17,60	3,44	13,79	18,39	0,00	1,89
L	4,76	16,33	6,22	2,79	28,58	29,09	18,48	28,00	24,49	3,80	3,96	0,23	4,12	14,47	66,67	0,00
ChH	0,00	0,00	1,29	0,46	0,26	0,00	48,32	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,46	18,33	0,00	0,00
ChP	9,32	26,77	3,72	1,15	4,14	2,24	1,26	0,00	4,85	7,68	19,79	1,18	4,85	0,00	0,00	7,30

Tabla 6. Resultados derivados del cálculo del índice IMN para el río Júcar.

Júcar	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7	J-8	J-9	J-10	J-11	J-12
IMN	39	54	52	63	62	68	86	49	25	65	95*	78
Clase	IV	III	III	II	II	II	I	III	IV	II	I	I

Tabla 7. Resultados derivados del cálculo del índice IMN para los tributarios del río Júcar.

Tributarios	L01	L02	T004	T005	T006	T010	T011	T012	T013	T014	T015	T017	T021	T024	T027	T030
IMN	75	47	39	28	76	53	73	32	79	65	86	45	90	86	17	44
Clase	I	I	IV	IV	I	III	I	IV	I	II	I	III	I	I	V	III

Tabla 8. Resultados del cálculo del IMN máximo, IMN medio e IMN conjunto.

Estudio	IMN máximo	IMN medio	IMN conjunto
Júcar	Estimado: 81/ obtenido en 811: 95*	62,2	78
Tributarios	91	80,9	89
Completo	98	81,5	89

Tabla 9. Resultados derivados del cálculo del índice IMN para el río Júcar. E-IMN=Equitabilidad; comp=completo.

Júcar	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6	J-7	J-8	J-9	J-10	J-11	J-12
E-IMN Júcar	0,41	0,57	0,53	0,88	0,63	0,72	0,91	0,52	0,37	0,68	1,00	0,82
E-IMN comp	0,40	0,55	0,53	0,64	0,63	0,69	0,88	0,50	0,36	0,66	0,97	0,80

Tabla 10. Resultados derivados del cálculo del índice IMN para los tributarios del río Júcar. E-IMN=Equitabilidad; Trib=tributarios; comp=completo.

Tributarios	L01	L02	T004	T005	T006	T010	T011	T012	T013	T014	T015	T017	T022	T026	T027	T030
E-IMN Trib	0,82	0,96	0,43	0,31	0,84	0,58	0,80	0,35	0,87	0,71	0,95	0,49	0,99	0,95	0,19	0,48
E-IMN comp	0,77	0,89	0,40	0,29	0,78	0,54	0,74	0,33	0,81	0,66	0,98	0,46	0,92	0,88	0,17	0,45

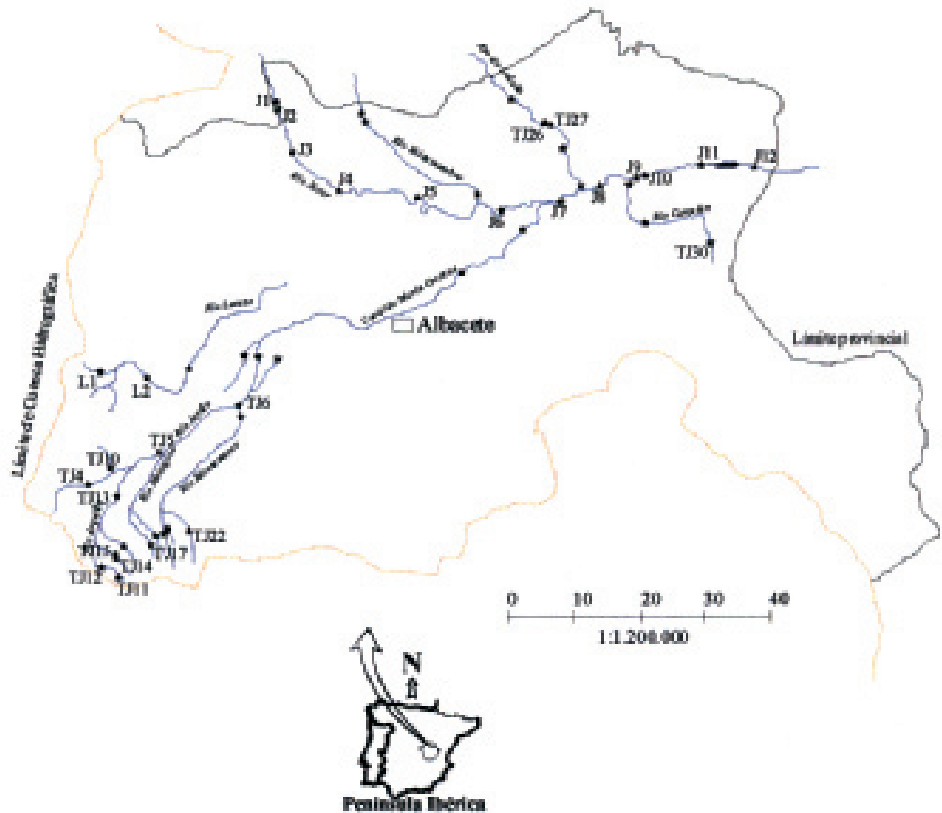


Figura 1. Situación de las estaciones de muestreo. Se ha procedido a suprimir las estaciones que estaban secas durante los muestreos.

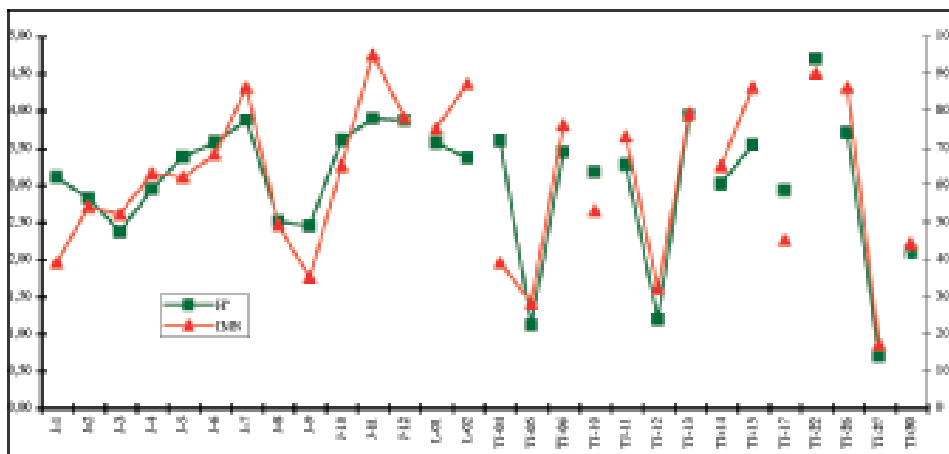


Figura 2. Comparación entre los índices de diversidad de Shannon (H') e IMN (las líneas unen tramos continuos de un mismo río).

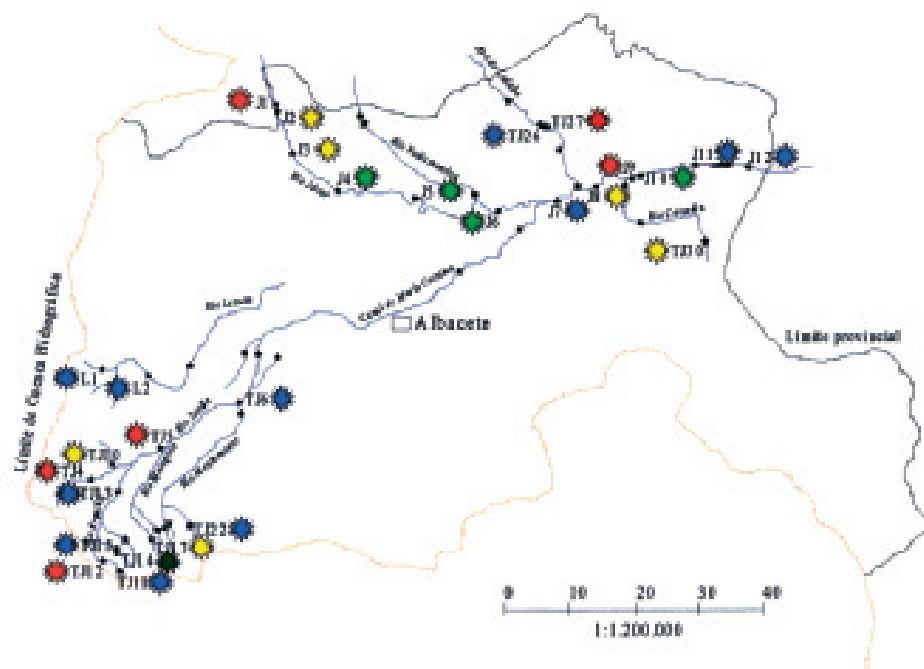


Figura 3. Mapa de colores establecidos para la identificación de la complejidad nutricional (ver tabla 3). Las estrellas coloreadas se sitúan a izquierda o derecha de cada estación.