



**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
TEMUCO**

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos

---

## **Manual de procedimiento para el cálculo del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitas (ITFM)**

Temuco, Junio de 2015

# **Manual de procedimiento para el cálculo de Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitas (ITFM)**

**Requirente**

Subsecretaría del Medio Ambiente –  
Nivel Central

**Ejecutor**

Laboratorio de Limnología y Recursos Hídricos  
Universidad Católica de Temuco

**Director**

David Figueroa Hernández

**Equipo de Trabajo**

Dr. David Figueroa Hernández  
MCs. Enrique Hauenstein Barra  
MCs. Jonathan Urrutia Estrada  
Dra. Gladys Lara Cárdenas  
Ing. Carlos Aguayo Arias  
Dr. Francisco Encina Montoya  
Dr. Carlos Esse Herrera  
Bióloga en RRNN María Fernanda Aguayo  
Ing. Manuel Escudero Herrera

## INDICE

1.	Introducción.....	4
2.	Elección de la estación de muestreo.....	4
3.	Captura de datos .....	5
4.	Tabulación de datos.....	5
5.	Estimación del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitas (ITFM).....	6
6.	Recomendaciones.....	7
7.	Glosario .....	8
8.	Bibliografía .....	10
9.	Anexo .....	11

## **1. Introducción**

A continuación se presentan las directrices metodológicas para el cálculo del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitas (ITFM), el cual ha sido diseñado para su aplicación en ríos del sur de Chile, más específicamente en tramos fluviales de tipo potamón. El índice es de resolución taxonómica baja (nivel de especie), de carácter cualitativo y se basa en la presencia, abundancia y capacidad indicadora de contaminación orgánica de 75 especies de plantas vasculares. Los valores del índice se mueven entre 0 y 100; y los tramos fluviales pueden categorizados en tres niveles de trofía.

## **2. Elección de la estación de muestreo**

La elección de las estaciones de muestreo debe estar en directa relación con ambientes propicios para el establecimiento de especies de Macrófitas palustres y acuáticos. En relación a esto, la estación de muestreo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- **Sustrato:** Fundamental en el desarrollo de las especies que crecen arraigadas, el sustrato más adecuado es el fango y en menor medida el fango-arenoso y/o fango-pedregoso.
- **Velocidad de la corriente:** Crucial para el crecimiento de las especies flotantes libres, sumergidas y natantes. La velocidad de corriente ideal debería estar entre 0,2 y 1 m/s.
- **Profundidad:** Restringe el desarrollo de los Macrófitas acuáticos por un aumento de la presión o por disminución de la intensidad de luz (Ramírez et al. 1982). El rango de profundidad ideal debería estar entre los 0 y 2 m.
- **Perturbación de ribera:** Es positivo para el crecimiento de Macrófitas indicadores de ambientes alterados desde el punto de vista orgánico, ya que muchos Macrófitas indicadores son introducidos y, requieren cierto grado de perturbación para colonizar y establecerse.

### **3. Captura de datos**

La captura de datos se debe realizar mediante el levantamiento de parcelas de 2 m<sup>2</sup>, ya que dicha superficie cumple con el área mínima de muestreo para este tipo plantas (Steubing et al. 2002). Sin embargo, el número de réplicas deberá ser definido por el investigador especialista según las condiciones de terreno (e.g. accesibilidad, ancho de ribera, pendiente, etc.). En cada parcela se debe registrar la totalidad de las especies de Macrófitas y es necesario además estimar la abundancia (cobertura) de cada una de ellas a través de su cobertura expresada en porcentaje (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). En el procedimiento anterior es necesario llegar a nivel de especie, ya que el índice sólo funciona teniendo plena claridad de los taxa registrados. La estimación de la cobertura de las plantas generalmente se realiza mediante apreciación visual directa. Sin embargo, dicho proceso requiere algún grado de especialización y/o entrenamiento del personal a cargo. Idealmente también, es recomendable que la misma persona realice la estimación de la cobertura de Macrófitas en todas las parcelas levantadas, ya que esto ayudará disminuir el margen de error siempre presente.

### **4. Tabulación de datos**

Los datos capturados en terreno deberán ser vaciados en una planilla Excel y separados de acuerdo a su presencia en cada punto de muestreo y/o cuerpo de agua estudiado. De modo que en las columnas se ubiquen los sitios muestreados y en las filas las plantas presentes en cada uno de ellos. Cada especie debe ser incluida en alguna categoría de tolerancia a la contaminación orgánica por nitrógeno (Anexo 1). Se han definido rangos de tolerancia para un total 75 especies de plantas vasculares, 13 de las cuales indican baja tolerancia a la contaminación, 44 señalan tolerancia media y 18 indican alta tolerancia. Las asignaciones anteriores están basadas primeramente en los rangos de tolerancia para el factor nitrógeno establecidos por Ellenberg (1974); y complementadas de acuerdo al criterio de un panel de expertos conformado Enrique Hauenstein y Jonathan Urrutia para el desarrollo del índice.

## 5. Estimación del Índice Trófico Fluvial basado en Macrófitas (ITFM)

Para cada estación de muestreo se debe estimar la abundancia relativa total (% de cobertura) de las especies de macrófitas prospectadas, y establecer de forma paralela el nivel de tolerancia a la contaminación (baja, media, alta; ver Anexo) de cada una de ellas. El índice se estima según la siguiente fórmula:

$$ITFM = -25 * \left( \text{Log}_2 \left( \frac{\sum N \text{ ETA}}{\sum N \text{ ETB} + \sum N \text{ ETM}} \right) \right) + 50$$

Donde:

- $\sum N$  = Sumatoria de la abundancia relativa (% cobertura)
- ssp baja = Especies indicadoras de baja tolerancia a la contaminación orgánica.
- ssp media = Especies indicadoras de tolerancia media a la contaminación orgánica.
- ssp alta = Especies indicadoras de alta tolerancia a la contaminación orgánica.

El valor obtenido de la fórmula anterior debe ser reemplazado por la "x" de la siguiente ecuación ( $y = -25x + 50$ ) y el resultado debe ser contrastado con lo indicado en la Tabla 1, para poder asignar un nivel de trofía al tramo del río evaluado

**Tabla 1.** Rango de valores y niveles de trofía del ITFM.

Rango de valores	Nivel de trofía
0-39	Alto
40-69	Medio
70-100	Bajo

## **6. Recomendaciones**

- El muestreo biológico debe incorporar la medición de variables morfométricas (profundidad, velocidad de corriente, tipo de sustrato), parámetros físico-químicos (temperatura, conductividad, pH, turbidez, etc.) y nutrientes (nitrito, nitrato, nitrógeno total, amonio, fosfato). Para esto se recomienda medir *In situ* o tomar las muestras de agua por lo menos 100 m antes del sitio donde se levantarán las parcelas de muestreo (censos florísticos), debido a que las comunidades de macrófitas actúan como mejoradores de la calidad de agua, al absorber la mayor parte de los nutrientes disponibles (Denny 1972, Feijoó et al. 2002, Dhote 2007). Por lo tanto, si se realizan las mediciones de los parámetros abióticos en medio de la comunidad de macrófitas, se corre el riesgo de no reflejar la relación potencial entre niveles de nutrientes y especies indicadoras.
- De acuerdo a lo desarrollado en el estudio el período más adecuado para el levantamiento de los censos florísticos es la primavera tardía o el comienzo del verano (Noviembre-Enero). Esto permite capturar la diversidad real del ambiente estudiado y facilita una correcta identificación de las especies, lo anterior está en estrecha relación con la fenología propia de los macrófitas, la cual tiende a retrasarse en comparación a las plantas terrestres (Hauenstein 2006).

## 7. Glosario

**Abundancia Relativa:** Cantidad proporcional, calculada, de los individuos de esa especie con respecto al porcentaje observado de la población en esa área.

**Cobertura Vegetal:** Toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio.

**Eutrófico:** Enriquecimiento de los nutrientes de un cuerpo de agua que resulta en un incremento excesivo de organismos y la consecuente reducción de oxígeno del agua.

**Hábitat:** Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (e.g.: una playa, la corteza de un árbol, un río, la sangre de un mamífero, etc.).

**Hiporitrón:** Sección media del río, entre la transición del curso rápido a lento o potamónico.

**Macrófitas:** Plantas que viven en el agua. Plantas acuáticas visibles a simple vista, se pueden diferenciar entre hidrófitos que completan su ciclo biológico cuando todas sus partes se encuentran sumergidas o flotando en la superficie y helófitos, plantas anfibias con la parte inferior sumergidas en el agua.

**Oligotróficos:** Medio pobre en materias asimilables lo que impide el flujo alimenticio normal sobre todo de nitrógeno y oxígeno.

**Portamón:** La región de los ríos de llanura y cercanos a la desembocadura.

**Ritrón:** Corresponde a los tramos de nacimiento de riachuelos o arroyos de cabecera, donde las aguas son frías durante todo el año, con oscilaciones térmicas muy pequeñas y los cauces de anchura menor de dos metros.

**Sustrato duro:** Mezcla de varios sustratos que permite una buena aireación y una capacidad de retención de agua equilibrada.



**Sustrato blando:** Granulometría aguijarros, grava, arena, fangos arcillas coloidales finas.

**Taxón:** Unidad de clasificación taxonómica no especificada, aplicada a un grupo de cualquier categoría.

**Tolerancia:** Habilidad de una especie para entrar o permanecer dentro de ambientes nuevos o tolerar cambios en las condiciones ambientales del medio.

**Transecto:** Banda de muestreo sobre la que se toman los datos definidos previamente.

## 8. Bibliografía

Denny P (1972) Sites of nutrient absorption in aquatic macrophytes. *Journal of Ecology* 60: 819-829.

Dhote S (2007) Role of macrophytes in improving water quality of an aquatic ecosystem. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 11: 133-135.

Ellenberg H (1974) Indicator values of vascular plants in Central Europe. *Scripta Geobotanica* 9: 1-97.

Feijoó C, M García, F Momo & J Toja (2002) Nutrient absorption by the submerged macrophyte *Egeria densa* Planch.: Effect of ammonium and phosphorus availability in the water column on growth and nutrient uptake. *Limnetica* 21: 93-104.

Hauenstein E (2006) Visión sinóptica de los Macrófitas dulceacuícolas de Chile. *Gayana* 70: 16-23.

Mueller-Dombois D & H Ellenberg (1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York, USA. 547 pp.

Ramírez C, R Godoy, D Contreras & E Stegmaier (1982) Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 64 pp.

Sarmientos F (2000) Diccionario de Ecología, Paisaje, Conservación y Desarrollo Sustentable. Para Latinoamérica. 541 pp.

Steubing I, R Godoy & M Alberdi (2002) Métodos de ecología vegetal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 345 pp.

## 9. Anexo

A continuación se presenta el listado de especies de Macrófitas indicadores, los cuales fueron inventariados en los terrenos realizados en los sistemas fluviales de las regiones IX (Canal Gibbs, Río Traiguén), XIV (Río Cruces) y X (Río Rahue), en el marco del desarrollo del proyecto.

**Tabla 2.** Especies de Macrófitas según nivel de tolerancia a la contaminación orgánica.

<b>Especies indicadores de tolerancia a la contaminación orgánica</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>
<i>Acaena ovalifolia</i>	x		
<i>Callitriche terrestris</i>	x		
<i>Carex riparia</i>	x		
<i>Cyperus reflexus</i>	x		
<i>Equisetum bogotense</i>	x		
<i>Gratiola peruviana</i>	x		
<i>Isolepis inundata</i>	x		
<i>Myrceugenia exsucca</i>	x		
<i>Ourisia ruelloides</i>	x		
<i>Paspalum dasypleurum</i>	x		
<i>Polygonum aviculare</i>	x		
<i>Rumex acetosella</i>	x		
<i>Ulex europaeus</i>	x		
<i>Acacia dealbata</i>		x	
<i>Agrostis capillaris</i>		x	
<i>Aristotelia chilensis</i>		x	
<i>Baccharis racemosa</i>		x	
<i>Blechnum cordatum</i>		x	
<i>Calystegia sepium</i>		x	
<i>Carex acutata</i>		x	
<i>Convolvulus arvensis</i>		x	
<i>Cyperus difformis</i>		x	
<i>Cyperus eragrostis</i>		x	
<i>Digitaria sanguinalis</i>		x	
<i>Egeria densa</i>		x	
<i>Eleocharis radicans</i>		x	
<i>Fuchsia magellanica</i>		x	
<i>Galium aparine</i>		x	

<i>Holcus lanatus</i>	X	
<i>Hydrocotyle modesta</i>	X	
<i>Hypericum perforatum</i>	X	
<i>Hypochaeris radicata</i>	X	
<i>Juncus lesueurii</i>	X	
<i>Juncus pallescens</i>	X	
<i>Juncus procerus</i>	X	
<i>Leontodon saxatilis</i>	X	
<i>Lotus pedunculatus</i>	X	
<i>Lycopus europaeus</i>	X	
<i>Mentha pulegium</i>	X	
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	X	
<i>Nymphaea alba</i>	X	
<i>Plantago lanceolata</i>	X	
<i>Plantago major</i>	X	
<i>Poa annua</i>	X	
<i>Polygonum hydro Piperoides</i>	X	
<i>Populus deltoides</i>	X	
<i>Potentilla anserina</i>	X	
<i>Prunella vulgaris</i>	X	
<i>Ranunculus repens</i>	X	
<i>Rubus constrictus</i>	X	
<i>Salix babylonica</i>	X	
<i>Salix caprea</i>	X	
<i>Salix viminalis</i>	X	
<i>Schoenoplectus californicus</i>	X	
<i>Trifolium repens</i>	X	
<i>Typha angustifolia</i>	X	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	X	
<i>Alisma lanceolatum</i>		X
<i>Alisma plantago-aquatica</i>		X
<i>Alnus glutinosa</i>		X
<i>Anagallis alternifolia</i>		X
<i>Callitriche stagnalis</i>		X
<i>Cardamine nasturtioides</i>		X
<i>Cirsium vulgare</i>		X
<i>Dactylis glomerata</i>		X
<i>Galega officinalis</i>		X
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>		X
<i>Ludwigia peploides</i>		X
<i>Mimulus uteus</i>		X

<i>Nasturtium officinale</i>	X
<i>Polygonum persicaria</i>	X
<i>Potamogeton pusillus</i>	X
<i>Rumex conglomeratus</i>	X
<i>Senecio vulgaris</i>	X
<i>Solanum nigrum</i>	X

---