

# LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LAS ÁREAS RIBEREÑAS

Laura de Cabo  
Eliana Malignani  
Gabriel Basílico

# LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LAS ÁREAS RIBEREÑAS

Laura de Cabo, Eliana Malignani y Gabriel Basílico

## RESUMEN

Se discute la utilidad y función de las áreas ribereñas de los ríos como un componente fundamental para el desarrollo de la dimensión horizontal de los ríos. Se revisan los indicadores utilizados tanto en Argentina como en otros países, basados en las publicaciones originales y destacando el tipo de ambiente en el que se los estudió. Se propone la complementariedad de este tipo de índices con los de la calidad del agua de los ríos, tanto desde una perspectiva química como ecológica y se discuten los problemas para su implementación.

**Palabras clave:** Servicios ecosistémicos, impacto antrópico, vegetación, geomorfología.

## ABSTRACT

*We discuss the utility and function of riverine areas as a fundamental component for the development of the horizontal dimension of rivers. We surveyed the indicators used both in Argentina and other countries, based on the original publications, highlighting the type of environment studied. We propose the complementarity of these indexes with those of river water quality, both from a chemical and ecological perspective. We also discuss the problems for its implementation.*

**Keywords:** *Ecosystem services, anthropic impact, vegetation, geomorphology.*

## HISTORIA, ORÍGENES, CRITERIOS Y APLICABILIDAD

Las riberas fluviales constituyen la interfase entre el ecosistema acuático y el terrestre. Abarcan un gradiente de factores ambientales, procesos hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos, y sucesiones de comunidades. Funcionalmente, sus límites se extienden horizontalmente hacia la llanura de inundación, donde la vegetación puede estar influenciada por el ascenso de las napas freáticas y/o inundaciones, y la capacidad del suelo de retener agua (Naiman *et al.*, 1993).

Por su parte, los ríos son sistemas dinámicos y que ejercen fuertes efectos en la formación y estabilidad de hábitats, en los atributos de la vegetación riparia, en la geomorfología y microclima locales, y en la diversidad de las funciones ecológicas. La zona riparia es la principal receptora de estos cambios, ya que es frecuentemente influenciada por inundaciones y flujos de detritos que crean un mosaico complejo y cambiante de relieves. Consecuentemente, la biota varía considerablemente en tiempo y espacio a lo largo de las márgenes del río, y estas variaciones influyen, a su vez, sobre los procesos que ocurren en el agua (Naiman *et al.*, 1993).

Las riberas fluviales constituyen territorios de extraordinaria riqueza desde el punto de vista ambiental, como consecuencia de los numerosos procesos ecológicos que albergan y del elevado rango de funciones y servicios ambientales que proporcionan. Al mismo tiempo, se trata de áreas frecuentemente ocupadas por el hombre, quien ha encontrado históricamente en estos espacios condiciones favorables para el desarrollo de usos y actividades agropecuarias, forestales y urbanísticas, que condicionan hoy en día su fisonomía y su estado de conservación.

Las principales funciones y servicios ecosistémicos que prestan las riberas son: constituir una zona de recarga de agua subterránea, acumular materia orgánica y sedimentos, proporcionar hábitat para la flora y la fauna, favorecer la conservación de la biodiversidad, actuar como filtro frente al ingreso de sustancias contaminantes al cauce, regular el microclima del río, contribuir a la regulación de la forma y la dinámica del río, presentar importante valor paisajístico y aportar posibilidades de usos sociales y económicos variados.

Estas características propias de las riberas fluviales requieren la implementación de índices de calidad de riberas a lo largo del tiempo. Un índice de calidad de ribera está compuesto por un conjunto de parámetros que cuantifican diversos atributos de las riberas y su valoración se lleva a cabo en relación a condiciones de referencia determinadas. Hemos compilado la información de 23 índices de calidad de ribera desarrollados en

nueve países (Tabla 1). Casi todos los índices evalúan la calidad de las áreas ribereñas a partir de la complejidad y grado de cobertura vegetal. Algunos índices incluyen el análisis de comunidades de peces, macroinvertebrados, mariposas y aves. Muchos índices contemplan

aspectos hidrogeomorfológicos de la ribera y aspectos hidrológicos del cauce. Otros tienen en cuenta el grado de perturbación antrópica y algunos tienen en cuenta la pérdida de funciones y servicios ecosistémicos del espacio ribereño.

**Tabla 1.** Índices de calidad de ribera utilizados en la Argentina y otros países del mundo.

Índice	Referencia	País	Breve descripción
Integrated Riparian Evaluation Guide	(Forest Service, 1992)	EEUU	Define estratos vegetales. Clasifica y evalúa áreas ribereñas basadas en hábitat acuático, suelos, hidrología, geomorfología, vegetación, hábitat terrestre y recursos de hábitat para la comunidad acuática.
Habitat Suitability Index (HSI)	(Schroeder & Allen, 1992)	EEUU	Refleja la capacidad potencial de los hábitats ribereños para la vida silvestre, basados en tres parámetros relacionados con el tipo de cobertura vegetal, la complejidad de la llanura inundable y la perturbación antrópica.
Riparian Evaluation Site Assessment (RESA)	(Fry <i>et al.</i> , 1994)	EEUU	Se basa en el estudio de las funciones, servicios y beneficios. Provee información que permite ofrecer recomendaciones sobre el ancho del área riparia que se debe conservar para actuar como buffer.
Butterfly Riparian Quality (BRQ)	(Nelson & Andersen, 1994)	EEUU	Determina la condición ribereña basada en la riqueza de las especies de mariposas y en la susceptibilidad a perturbaciones de cada taxa.
Proper Functioning Condition (PFC)	(Prichard <i>et al.</i> , 1998)	EEUU	Se basa en la hidrogeomorfología, vegetación, erosión / deposición, calidad del suelo y del agua. Determina la capacidad de la zona ribereña para sostener las funciones del ecosistema y los servicios ecosistémicos.
Vegetation Resources in Riparian Areas (VRRRA)	(Winward, 2000)	EEUU	Evalúa la salud de las riberas en base a la composición, estructura y regeneración de la vegetación.
Visual Assessment of Riparian Health (VARH)	(Ward <i>et al.</i> , 2003)	EEUU	Determina la condición de la zona ribereña basada en la evaluación visual rápida de la condición del canal, la estabilidad de las orillas, la vegetación ribereña, las comunidades de macroinvertebrados y peces y la velocidad del agua.
Riparian Forest Quality Index (RQI)	(González del Tánago & García de Jalón, 2011)	España	Evalúa el estado ecológico de las zonas ribereñas (de muy pobres a muy buenas) y proporciona opciones de manejo basadas en su dimensión, conectividad longitudinal y lateral, condición de la orilla, estructura del sustrato, estructura y regeneración natural de la vegetación.
Qualitat del Bosc de Ribera Index (QBR)	(Munné <i>et al.</i> 1998; Munné <i>et al.</i> , 2003)	España	Se basa en el análisis de la cobertura, calidad y estructura de la vegetación ribereña y la alteración del cauce. Evalúa la calidad ribereña con fines de manejo.

► **Tabla 1.** Índices de calidad de ribera utilizados en la Argentina y otros países del mundo.

Índice	Referencia	País	Breve descripción
Riparian vegetation index (RVI)	(Aguiar <i>et al.</i> , 2011)	Portugal	Se basa en la comparación de la composición, cobertura, atributos de especies y patrones espaciales de la vegetación ribereña, respecto de una zona ribereña en estado casi natural.
Indice de la Qualité de la Bande Riveraine (IQBR)	(Saint-Jacques & Richard, 1998)	Canadá	Evalúa la condición de la zona ribereña en base a nueve componentes relacionados con el uso de la tierra y la geología.
Australian River Assessment System (AusRivAS)	(Parsons <i>et al.</i> , 2002; Parsons <i>et al.</i> , 2004)	Australia	Este protocolo tiene dos módulos: la evaluación biológica de los macroinvertebrados que habitan el río y la evaluación física de los aspectos geomórficos, físicos y químicos.
Tropical Rapid Appraisal of Riparian Condition (TRARC)	(Dixon <i>et al.</i> , 2005)	Australia	Evalúa la salud de la zona ribereña a partir de indicadores relacionados con la cubierta vegetal, restos leñosos, malezas, regeneración de plantas nativas y evidencias de disturbios.
Rapid Appraisal of Riparian Condition (RARC)	(Jansen <i>et al.</i> , 2007)	Australia	Determina la condición ecológica de los ecosistemas ribereños a partir de las características físicas, de la comunidad vegetal y del paisaje de la zona ribereña (conectividad y extensión del hábitat ribereño cobertura vegetal, complejidad estructural, dominancia de especies nativas versus exóticas, árboles muertos en pie, troncos caídos y hojarasca).
Ecological Restoration Suitability Index (ERSI)	(Rohde <i>et al.</i> , 2006)	Suiza	Evalúa las posibilidades de restauración de una zona ribereña a partir de las restricciones a la restauración (pendiente elevada, áreas edificadas), parámetros ecológicos (hidrología, erosión de fondo, calidad del agua, conectividad, biodiversidad) y factores socioeconómicos (protección contra inundaciones, infraestructura, oportunidades de recreación).
Riparian Vegetation Response Assessment (VEGRAI)	(Kleynhans <i>et al.</i> , 2007)	Sudáfrica	Compara la vegetación ribereña de la condición actual vs. una condición de referencia reconstruida a partir de información preexistente. Evalúa la respuesta de la vegetación ribereña a las perturbaciones antrópicas.
Morphological Quality Index (MQI)	(Rinaldi <i>et al.</i> , 2013)	Italia	Evalúa la calidad morfológica del arroyo a partir de 28 indicadores que tienen en cuenta la conectividad longitudinal y lateral, la configuración de la sección transversal del cauce, la estructura y sustrato del lecho y la vegetación ribereña.
River Ecosystem Quality Index (REQI)	(Santolini <i>et al.</i> , 2015)	Italia	Evalúa la calidad de las áreas ribereñas. Se basa en el análisis de la vegetación (características y distribución) y las aves silvestres.
Evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA)	(Acosta <i>et al.</i> , 2009)	Ecuador y Perú	Se basa en el estudio de los macroinvertebrados bentónicos, el hábitat fluvial y la comunidad vegetal de ribera. Reconoce los gradientes de perturbación y la variabilidad natural de las estaciones de referencia.



► **Tabla 1.** Índices de calidad de ribera utilizados en la Argentina y otros países del mundo.

Índice	Referencia	País	Breve descripción
Índice de Calidad de Ribera de Usos Múltiples (ICRUM)	(Melnani, 2017)	Argentina (región pampeana)	Aplica protocolo de evaluación física en ambas márgenes de cada sitio y a escala de cuenca, incorporando principios de geomorfología fluvial. Considera la condición de referencia.
ICRP (Índice de Calidad de Riberas Pampeanas)	(Basílico, 2014; Basílico <i>et al.</i> , 2015)	Argentina (región pampeana)	Considera la estructura, calidad y grado de cobertura vegetal, grado de naturalidad del cauce, uso y tipo de suelo, topografía y aportes de efluentes y afluentes.
Índice de Conservación de Ribera (ICR)	(Troitiño <i>et al.</i> , 2010; Feijoó <i>et al.</i> , 2012)	Argentina (región pampeana)	Considera métricas de importancia ecológica (atributos de la zona riparia) e hidrológica (atributos del canal fluvial y del cauce).
Índice del Hábitat para Ríos Urbanos Pampeanos (IHRUP)	(Cochero <i>et al.</i> , 2014)	Argentina (región pampeana)	Contempla variables relacionadas con las características del cauce fluvial, de los bancos, y de la zona riparia.
QBRp	(Kutschker <i>et al.</i> , 2009)	Argentina (ríos andino-patagónicos)	Adaptación local del índice QBR para ríos andino-patagónicos (cambio del número óptimo de especies que debiera presentar el tramo estudiado y listado de especies arbóreas/arbovitivas nativas y exóticas presentes en la zona de estudio).
QBRy	(Sirombra & Mesa, 2012)	Argentina (Tucumán)	Adaptación local del índice QBR para la yunga tucumana (cambio en la comunidad de especies leñosas representativas, porcentaje de nativas y exóticas, cambios en la geomorfología del canal y agregado de impactos antropogénicos).
Urban Stream Habitat Index (USHI)	(Cochero <i>et al.</i> , 2016)	Argentina (región pampeana)	Evalúa la calidad de hábitat fluvial en cursos de agua de llanura que atraviesan áreas urbanas. Utiliza métricas relacionadas a la calidad del curso de agua, las riberas, la zona riparia y la geomorfología fluvial.
Índice del Hábitat para el Río de la Plata (IHRPlata)	(Gómez & Cochero, 2013)	Argentina (región pampeana)	Evalúa cuatro descriptores: sucesión espacial de la vegetación costera, modificaciones costeras por introducción de infraestructuras, ocurrencia de residuos en la línea de costa, e indicadores biológicos de déficit de oxígeno.

Los índices se diferencian también en el objetivo para el cual fueron creados. Algunos meramente describen la ribera, mientras que otros evalúan además la posibilidad de su restauración ambiental.

### Ventajas y desventajas de los índices de calidad de ribera

Los principales requerimientos para la construcción de los índices son:

1. Tener un enfoque práctico, económico y rápido para

evaluar los cambios con respecto a la condición de referencia o menor impacto ocurridos en el área ribereña.

2. Deben considerar el estado de las diferentes zonas de los cursos de agua y en diferentes épocas del año, de forma tal que permitan la integración de los valores obtenidos por cada indicador que conforma el índice para proporcionar un valor global para la zona ribereña como una unidad.

3. Deben proporcionar una indicación de las causas de la degradación de la zona ribereña (corte de la vegetación, invasión de especies exóticas, erosión, canalización, ingreso de contaminantes, pastoreo, etc.).

4. Deben tener en cuenta una condición de referencia o menor impacto en la valoración del estado de la ribera.

5. Los resultados deben ser fácilmente comprendidos por los tomadores de decisiones.

6. Deben implementarse a partir de protocolos claros.

7. Deben validarse.

8. Deben complementarse con los indicadores fisicoquímicos y bióticos de calidad del agua.

1. Muchos de los requerimientos pueden ser alcanzados a partir del análisis de la vegetación. Por ello, la mayoría de los índices la tienen en cuenta. Sin embargo, su aplicación requiere del conocimiento de las especies vegetales nativas y exóticas. Asimismo, otros índices analizan las comunidades de peces, macroinvertebrados, mariposas o aves, lo cual complica su aplicación rápida y amplia, dado que se requiere la intervención de un especialista en esos grupos. Una alternativa a este impedimento es la confección de guías gráficas con fotos que permitan identificar los organismos en sus distintos estadios (adultos, juveniles, larvas, pupas, flores, frutos, hojas, rizomas, etc.).

Muchos de los indicadores evalúan también las condiciones hidrológicas e hidromorfológicas del cuerpo de agua en cuestión en relación a los procesos que se generan en las riberas (erosión, deposición, infiltración, sedimentación y adsorción). Si bien existen datos teóricos que permiten cuantificar dichos procesos, aún falta más información local, ya que estos mecanismos dependen de la interacción de factores topográficos, edáficos y del tipo de vegetación. Una valoración de estos procesos a escala local permitiría evaluar adecuadamente los servicios ecosistémicos brindados por las riberas y, por lo tanto, el impacto producido por la degradación de las mismas.

2. La elección de los sitios de evaluación y de los distintos indicadores que componen a los índices debe considerar los principales sectores de la ribera respecto de su distancia al curso de agua, su posición en la cuenca (alta, media y baja) y los distintos impactos y usos del suelo que tengan lugar en cada uno. Además, resulta necesaria la evaluación de la calidad de riberas en aguas altas, bajas e intermedias. De ser posible, también se debería abordar el estudio en situaciones extremas de caudal o de baja repetitividad.

3. Uno de los objetivos de los índices de la calidad de riberas es proveer una herramienta para la evaluación de su restauración ambiental. Para ello, resulta indispensable conocer las causas del deterioro. El conocimiento del uso del suelo es una primera aproximación. Sin embargo, en

algunos casos (contaminación física, química y microbiana) se hace necesaria la determinación de ciertos parámetros en el suelo de los distintos sitios. La elección de dichos parámetros dependerán del uso del suelo del sitio en cuestión. Existe una relación entre el uso del suelo y los contaminantes que podemos encontrar (Chapman, 1996), lo cual facilita la elección de las variables que se pueden explorar para determinar las causas del deterioro en el área de estudio.

4. Las condiciones de referencia son previas a una interacción humana significativa. Estas condiciones a menudo no existen en el estado actual y por lo tanto las condiciones de referencia necesitan ser reconstruidas. Resulta imperioso elaborar una base de datos que contemple las líneas de base de los distintos compartimentos del sistema (agua, sedimento, biota), su conectividad con el área de drenaje y con las aguas subterráneas (de Cabo & Arreghini, 2016). Puede haber ríos dentro del mismo contexto regional que estén en mejor condición y pueden ser considerados como condición de referencia. En algunos casos, un solo margen puede estar afectado, por lo tanto se puede considerar como referencia la otra orilla. Un segundo enfoque es la reconstrucción de la condición previa al impacto, lo cual requiere conocimiento teórico. Al considerar las condiciones del estado de referencia, es muy importante no pensar en ella como un estado clímax de equilibrio, sino por el contrario en un sistema naturalmente dinámico que cambia permanentemente.

5. Uno de los objetivos de la aplicación de índices es facilitar la comunicación entre la comunidad científica, los gestores y tomadores de decisión. Por ello, se requiere presentarlos de una manera fácilmente comprensible. Se han propuesto distintas formas de presentación. A continuación se señalan algunas:

- Ideogramas que consideran los índices químico, de ribera y biológico simultáneamente (Giorgi & Feijoó, 2016).
- Mapas con referencias de distintos colores según el valor del índice de calidad de ribera (Gómez & Cochero, 2013; Cochero *et al.*, 2016; Malignani, 2017).
- Mapas con referencias en tonos de gris según los valores de algunos de los parámetros contemplados para calcular el índice y la relevancia de los servicios ecológicos de cada zona (Santolini *et al.*, 2015).
- Mapas con referencias en tonos de gris según el grado de semejanza del área en cuestión respecto del sitio de referencia (O'Neill *et al.*, 1997).
- Mapa con puntos de distintos tonos de gris identificando sitios según el valor del índice RQI (González del Tánago & García de Jalón, 2011).

6. Los índices deben pensarse como herramientas que pueden ser utilizadas por personas poco especializadas en la temática ambiental. Por lo tanto, los protocolos deben ser claros y de fácil interpretación. Por ejemplo, son de gran ayuda las grillas para completar acompañadas de figuras explicativas (Parsons *et al.*, 2002; González del Tánago & García de Jalón, 2011).

7. Se ha destacado que la diversidad de índices utilizados reduce la capacidad de realizar comparaciones entre distintos lugares. Por lo tanto, surge la necesidad de unificar el uso de índices para un mismo compartimento del ecosistema, así como la metodología a utilizar para el muestreo y determinaciones, entre los distintos grupos de trabajo (de Cabo & Arreghini, 2016).

8. La validación y/o modificación de los distintos índices debe realizarse incorporando nuevas cuencas y teniendo en cuenta otros factores de variabilidad como formaciones vegetales, variaciones latitudinales, aportes laterales y presiones antrópicas (Acosta *et al.*, 2009).

Basilico *et al.* (2015) sugieren el uso conjunto de índices de calidad de agua e índices de calidad de ribera, pues cada índice brinda información complementaria; para la región pampeana, mientras que el ICAP (Índice de Calidad de Aguas Pampeanas) informa no sólo sobre el tramo bajo estudio sino de los impactos aguas arriba (conectividad longitudinal), el ICRP (Índice de calidad de riberas pampeanas) pone de relieve la conectividad lateral al incorporar información de la ribera y de los ambientes terrestres adyacentes.

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN

### ICRP (Índice de Calidad de Riberas Pampeanas)

El ICRP fue elaborado por Basilico *et al.* (2015) a partir del Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBRp) propuesto por Kutschker *et al.* (2009).

El ICRP asigna un valor numérico entre 0 y 100 puntos a cada ribera de un tramo de río o arroyo seleccionado, en cada fecha evaluada. Estos valores numéricos se corresponden con rangos de calidad desde riberas de "calidad pésima" (ICRP = 0) hasta las que exhiben un "estado natural" (ICRP = 100). Las principales modificaciones con respecto al índice QBRp consisten en la adaptación de los valores asignados a las características de la vegetación de la ecorregión pampeana y en la evaluación, no sólo de la calidad de la ribera (parte A del índice) sino también de las características del territorio adyacente a ésta (parte B). En la parte A se evalúan el grado de cubierta de la zona de ribera, la estructura y la calidad de la cubierta y el grado de naturalidad del canal fluvial. En la parte B los criterios

evaluados son el tipo de suelo y la topografía, el uso del suelo adyacente a la ribera y los aportes laterales de agua que recibe el tramo bajo estudio. Cada criterio comprendido en las partes A y B del ICRP es evaluado de manera independiente y se asigna un valor de acuerdo a lo observado en el campo. Por ejemplo, el criterio "Uso del suelo adyacente a la ribera", incluido en la parte B, asigna el puntaje más elevado (27 puntos) si el terreno es un área protegida municipal, provincial, nacional o privada en buen estado, mientras que el puntaje más bajo (7 puntos) corresponde al uso industrial. Para obtener el valor del ICRP de cada ribera de un tramo bajo estudio, es necesario obtener los resultados parciales de las partes A y B y promediarlos. También pueden promediarse los valores de ambas riberas para caracterizar y obtener un valor representativo del tramo en cada relevamiento.

El ICRP fue aplicado por Basilico *et al.* (2015) en distintos tramos de los arroyos Durazno y La Chozza de la cuenca alta del río Reconquista. Los valores del ICRP, como promedio de ambas riberas, variaron entre 40 puntos (mala calidad) y 74 puntos (buena calidad). Los valores más bajos del ICRP se obtuvieron en un tramo del arroyo La Chozza cercano a un área industrial, mientras que los valores más altos correspondieron a tramos en los que la vegetación de ambas riberas fue predominantemente nativa. Otras fuentes de variación entre tramos fueron el uso del terreno adyacente a las riberas y la presencia de estructuras transversales al cauce, por ejemplo un puente. Los autores no obtuvieron diferencias notorias entre distintas fechas para el mismo tramo en ninguno de los seis tramos evaluados, mientras que las principales diferencias entre riberas del mismo tramo estuvieron asociadas a la existencia de canales que aportaban efluentes industriales y a la presencia de la especie exótica invasora *Gleditsia triacanthos* en una de las riberas pero no en la otra.

Las principales ventajas del uso del ICRP son su facilidad de aplicación y cálculo y la incorporación de información relativa al territorio adyacente a las riberas. Ambas características resultan interesantes para los organismos de control y gestión de cuencas hidrológicas.

### ICRUM (Índice de Calidad de Ribera de Usos Múltiples)

Melignani (2017) elaboró un índice de calidad de ribera que contempla tanto atributos abióticos (características físicas e impactos antrópicos de la zona riparia) como bióticos (abundancia, composición y estructura de la vegetación), fácilmente aplicable, sin grandes requerimientos de herramientas, materiales de muestreo o conocimientos taxonómicos (Anexo 2). El ICRUM se basó en tres índices existentes: índice RQI –Riparian Quality Index– (González del Tánago &

García de Jalón, 2006; González del Tánago & García de Jalón, 2011); índice QBR –Qualitat del Bosc de Ribera– (Munné *et al.*, 2003) y AusRivAS –Australian River Assessment System– (Parsons *et al.*, 2002; Parsons *et al.*, 2004). Los parámetros seleccionados para conformar el ICRUM fueron modificados de manera de ajustarlos a la situación de las cuencas urbanas y periurbanas de la llanura pampeana.

Dado que cada tramo de río presenta condiciones de referencia distintas en sus riberas, la valoración de cada atributo se llevó a cabo atendiendo a las características propias de cada tramo fluvial. En esta valoración, las condiciones óptimas o de mayor valor ecológico se refieren a las más naturales o de mayor similitud con las definidas como “de referencia”: gran extensión de la llanura de inundación; composición y estructura de las comunidades vegetales en equilibrio dinámico con las condiciones hidromorfológicas; y por último, máxima conectividad del cauce principal con los restantes elementos del sistema fluvial. En condiciones opuestas, la degradación de las riberas se refleja en la disminución de las dimensiones del espacio ripario, la falta de heterogeneidad física, la reducción de la dinámica hidromorfológica, cambios en la composición y estructura de la vegetación primitiva, y pérdida de la conectividad del cauce con la llanura de inundación, sumado al exceso de presión antrópica.

En cada sitio de muestreo se definieron dos áreas correspondiendo a cada margen de 5000 m<sup>2</sup>. Se consideraron 28 parámetros con su respectiva valoración. Se contempló: ancho y conectividad del espacio ripario, cobertura vegetal, relación especies nativas/exóticas, uso del suelo, disturbios. Conforme al rango teórico de puntajes posibles de obtener aplicando el ICRUM (31 a 106), se obtuvieron los rangos divididos en cuartiles (31–49,75; 49,76–68,50; 68,51–87,25 y 87,26–106) (Gualdoni *et al.*, 2011). A cada rango se le asignó una valoración subjetiva: **Mala** (31,00–49,75), **Regular** (49,76–68,50), **Buena** (68,51–87,25) y **Muy Buena** (87,26–106,00), que representó el estado de calidad de ribera del sitio relevado.

Se aplicó ICRUM a 88 sitios en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, comprendiendo la cuenca Matanza-Riachuelo, sector Norte del frente estuarial del Río de la Plata desde el partido de Tigre hasta CABA, un tramo alto del río Reconquista y un tramo bajo del arroyo Buñirigo. Los mayores valores, que corresponden a los sitios de mejor calidad, se obtuvieron en 4 de los 13 sitios de referencia (uno en la cuenca alta del Matanza-Riachuelo, dos en cuenca Reconquista y uno en arroyo Buñirigo), uno en un sitio de la cuenca alta y el resto en el sector de la costa del Río de la Plata donde se ubica la Reserva Ecológica Costanera Sur. Los menores valores, que corresponden a los sitios de peor calidad, se obtuvieron en la cuenca baja del río Matanza-Riachuelo. A partir de la confección del ICRUM y los resultados obtenidos a

través de su aplicación para la valoración de riberas de cuencas urbanas y periurbanas de llanura se detectó una tendencia al deterioro en los tramos bajos (cuenca baja del río Matanza-Riachuelo y parte del frente estuarial). Esta situación fue producto de la presión de urbanización de un espacio ribereño estrecho y modificado por impermeabilización de riberas y estructuras de contención frente a las inundaciones, la consecuente pérdida de conectividad y rectificación del canal. Además, la escasa vegetación, y las múltiples estructuras y vías de acceso, la actividad industrial con descarga de efluentes, la mala calidad visual del agua dentro de una matriz urbana densa y muchas veces precaria, y la ausencia de áreas protegidas o reservas naturales redundó en el deterioro de la cuenca baja. En los tramos altos (cuenca alta y media del río Matanza-Riachuelo) el deterioro ambiental fue menor pero se evidenció el avance de plantas exóticas, en particular herbáceas, y la ausencia de áreas protegidas o reservas naturales. También las riberas intervenidas, principalmente por acumulación de tierra o mayor pendiente por profundización del canal. Los sitios considerados de referencia se encontraron con mejor calidad ambiental riparia en general que el resto. Sin embargo, muchos de ellos perdieron su condición de referentes ya que se vieron afectados por distintos impactos antrópicos evidentes en el avance de vegetación exótica y en las modificaciones de las riberas.

El ICRUM ha resultado un índice apropiado para evaluar la calidad de ribera en cuencas urbanas y periurbanas de llanura en un gradiente de urbanización urbano-rural. Tiene buen potencial para ser aplicado como herramienta de valoración y gestión ambiental de cuencas, resultando sencillo y rápido de aplicar, de bajo costo y relativamente poco conocimiento técnico.

## PROBLEMAS DE APLICACIÓN

Para la región pampeana existe poca información sobre áreas de referencia, o de condiciones de mínimo impacto antrópico. Por lo tanto, surge la necesidad de elaborar una base de datos para la región que contemple las líneas de base de los distintos compartimentos del sistema (agua, sedimento, biota).

La información que brindan los índices de calidad de ribera puede complementarse con la de índices de calidad de agua y otros índices que contemplen otros indicadores bióticos distintos de la vegetación para brindar un panorama integral sobre la calidad ambiental de los ríos y permitan además la evaluación de estrategias de remediación y rehabilitación y/o restauración (en caso de poder llegar a las condiciones previas al disturbio, comprendiendo aspectos estructurales y funcionales) ecológica de tramos deteriorados por distintas actividades humanas.



Otro de los problemas que surgen en la implementación de índices es la necesidad de contar con información en distintas situaciones climáticas e hidrológicas, lo cual implica un período de al menos un año, antes de llegar a obtener resultados integrales.

Es aconsejable la aplicación de índices de calidad de riberas, tales como ICR, IHRUP, ICRUM e ICRP para la región pampeana ya que están adaptados a las características de los sistemas acuáticos en estudio, son de sencilla y rápida implementación y permiten detectar, monitorear y gestionar riesgos asociados a la modificación del ambiente ribereño.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Los índices de calidad de ribera son herramientas que permiten una rápida detección de cambios asociados al uso del suelo que modifican las condiciones de referencia, alterando las funciones y servicios ecosistémicos brindados por el espacio ripario. Los principales índices de calidad de ribera aplicados en la Argentina (Fig. 1) tienen en cuenta la geomorfología del canal, los impactos antrópicos y las características de la vegetación riparia. Estos atributos son fácilmente medibles, no requieren herramientas costosas ni sofisticadas, ni conocimientos taxonómicos, pudiendo ser aplicados por personal no especializado como propietarios de tierras por donde pasan ríos o arroyos, voluntarios del público en general, empleados de organismos oficiales, que hayan recibido una breve explicación por parte del especialista.

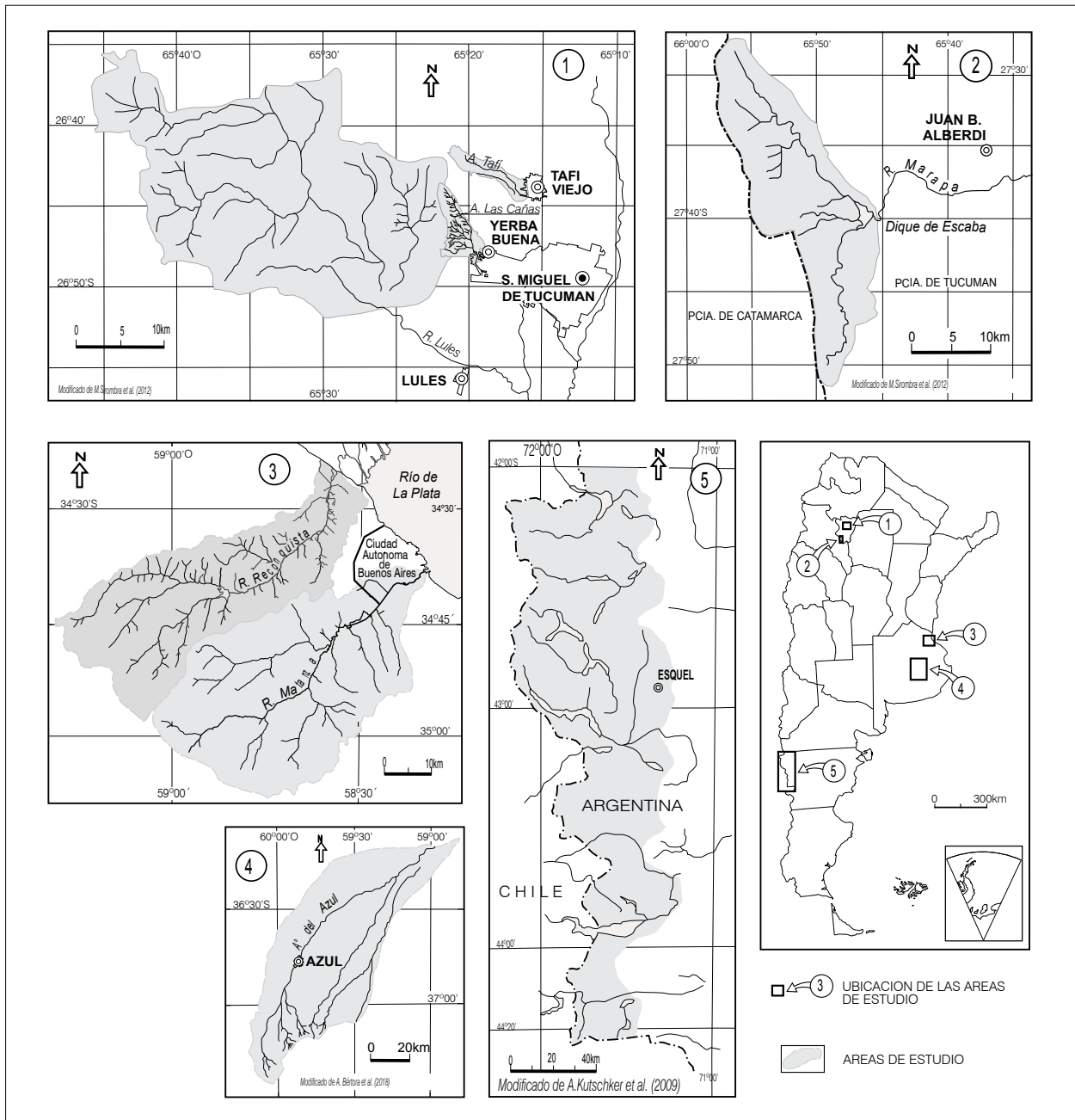


Figura 1: Ubicación de las áreas de aplicación de índices de calidad de ribera en la Argentina.

**Anexo 1.** Guía para el cálculo del Índice de Calidad de Riberas Pampeanas (ICRP), (Basílico *et al.*, 2015).

**Parte A: ribera.**

<b>Criterio</b>	<b>Puntuación</b>
<b>a) Grado de cubierta de la zona de ribera (puntuación entre 0 y 25)</b>	
> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	20
50-80 % de cubierta vegetal	15
10-50 % de cubierta vegetal	10
< 10 % de cubierta vegetal	5
Si la conectividad entre el ecosistema ribereño y adyacente es total	(+5)
Si la conectividad entre el ecosistema ribereño y adyacente es superior al 50 %	(+2,5)
Si la conectividad entre el ecosistema ribereño y adyacente es entre 25-50 %	(-2,5)
Si la conectividad entre el ecosistema ribereño y adyacente es inferior al 25 %	(-5)
<b>b) Estructura de la cubierta (puntuación entre 0 y 25)</b>	
Cobertura de hierbas palustres (hp) superior al 90 % de la superficie	25
Cobertura de hp entre 75-90 % de la superficie	18
Cobertura de hp entre 50-75 % de la superficie	15
Cobertura de hp entre 25-50% de la superficie y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	15
Cobertura de hp inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10-25 %	10
Sin hp por debajo del 10 %	5
<b>c) Calidad de la cubierta (puntuación entre 0 y 25)</b>	
Sólo existen especies vegetales autóctonas	15
Predominan las especies autóctonas pero existen individuos de especies no arbóreas exóticas	10
Sin especies autóctonas	5
Si hay árboles nativos	(+5)
Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre 50-75 % de la longitud del tramo	(+2,5)
Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75 % de la longitud del tramo	(+5)
Si hay de 0-50 % de la superficie cubierta por árboles exóticos	(-2)
Si hay de 50-100 % de la superficie cubierta por árboles exóticos	(-5)
<b>d) Grado de naturalidad del canal fluvial (puntuación entre 0 y 25)</b>	
El canal del río no está modificado	25
Modificaciones de las terrazas adyacentes sin reducción del canal	20
Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	15
Signos de alteración y estructuras que modifican el canal	10
Estructuras transversales	5
Río canalizado en la totalidad del tramo	0
Puntuación total (A) (suma de los puntajes a, b, c y d)	

► Anexo 1.

**Parte B: terreno adyacente a la ribera.**

<b>Criterio</b>	<b>Puntuación</b>
<b>a) Tipo de suelo y topografía</b>	
Suelos permeables y baja pendiente (1-10%)	27
Suelos permeables y pendientes moderadas (>10%)	20
Suelos impermeables y baja pendiente	13
Suelos impermeables y pendientes moderadas	7
Zonas de almacenamiento transitorio de agua	(+6)
Relieve plano (<1%)	(-6)
<b>b) Uso del suelo adyacente a la ribera</b>	
Área protegida municipal, provincial o nacional	27
Lotes baldíos sin ganadería o ganadería extensiva	20
Cultivos o ganadería intensiva	16
Urbanización	13
Industrial	7
Si hay 50 % o más de superficie destinada a espacios verdes públicos	(+6)
Si hay menos de 50% de superficie destinada a espacios verdes públicos	(-6)
<b>c) Aportes laterales</b>	
Ausencia de afluentes o canales	34
Canales de drenaje local o afluentes intermitentes	27
Canales pluviales	20
Canales combinados (pluviales+cloacales)	13
Canales cloacales o industriales	7
Descarga directa	0
<b>Puntuación total (B) (suma de los puntajes a, b y c)</b>	

**Anexo 2.** Parámetros que conforman el Índice de Calidad de Ribera de Usos Múltiples (ICRUM) y su valoración categórica. Referencias: R/A = ríos o arroyos; FE = frente estuarial; P = pastizal; B = bosque de ribera. Categorías 1 y 2 = valoración negativa; categorías 3 y 4 = valoración positiva (excepto parámetros 3, 6 y 7 con categoría 3 negativa) (Melnani 2017).

Parámetro		Categorías				
		1	2	3	4	
1	Ancho del espacio ripario con vegetación asociada	R/A	0 a 0,5	0,6 a 1	1,1 a 2	> 2
		FE	0 a 25 m	26 a 50 m	51 a 100 m	> 100 m
2	Conectividad entre el curso de agua y el ecosistema ripario adyacente		0 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
3	Características de las riberas		Impermeable / ocupada	Socavadas / erosionadas	Montículos / rellenada / empinada	Apariencia natural
4	Características del canal		Impermeabilizado / canalizado / rectificado	-	-	Apariencia natural
5	Continuidad del cauce		Interrumpido	-	-	Continuo
6	Cobertura vegetal general		0 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
7	Suelo desnudo		76 a 100%	51 a 75%	26 a 50%	0 a 25%
8	Plantas flotantes libres		Ausencia	-	-	Presencia
9	Plantas palustres		0 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
10	Herbáceas nativas	P	0 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
		B	76 a 100%	51 a 75%	26 a 50%	0 a 25%
11	Herbáceas exóticas		76 a 100%	51 a 75%	26 a 50%	0 a 25%
12	Plantas leñosas nativas	P	76 a 100%	51 a 75%	26 a 50%	0 a 25%
		B	0 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	76 a 100%
13	Plantas leñosas exóticas		76 a 100%	51 a 75%	26 a 50%	0 a 25%
14	Relación plantas palustres (nativas)/ Herbáceas nativas		≤ 1	1,1 a 2	> 2	-
15	Relación herbáceas nativas/exóticas		< 1	1	1,1 a 3	> 3
16	Relación plantas leñosas nativas/exóticas	P	≤ 1	1,1 a 2	> 2	
		B	< 1	1	1,1 a 3	> 3
17	Relación plantas leñosas nativas/exóticas invasoras		≤ 1	1,1 a 2	> 2	-
18	Estructuras y vías de acceso humano al curso de agua y sus riberas		Puentes / muelles / caminos impermeables	Caminos permeables	Ninguno aparente	-
19	Basura		Abundante	Esparcida / escasa	Ausencia	-
20	Descargas de efluentes		Presencia	-	-	Ausencia
21	Características organolépticas del agua		Olor / materia fecal / espuma	-	-	Apariencia natural
22	Dragado del sedimento		Presencia	-	-	Ausencia
23	Agricultura		-	Presencia	-	Ausencia
24	Ganadería		-	Presencia	-	Ausencia

► Anexo 2.

Parámetro	Categorías			
	1	2	3	4
25 Industria	Procesos / extractiva	Depósitos	Ausencia	-
26 Área urbana	Asentamiento precario / urbano denso	Suburbano / Periurbano	Periurbano laxo / Asociado a rural	-
27 Área recreativa	-	Presencia	-	Ausencia
28 Área protegida o reserva natural	Ausencia	-	-	Presencia

El valor del ICRUM para cada sitio se calculó con la siguiente ecuación:

$$ICRUM_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{n_x} + \sum_{i=1}^n z_{n_x}}{2}$$

donde  $ICRUM_x$  corresponde al valor del índice para el sitio  $x$ ,  $n$  corresponde al número de parámetros del ICRUM,  $d_{n_x}$  corresponde al puntaje del parámetro  $n$  en la margen derecha del sitio  $x$  y  $z_{n_x}$  corresponde al puntaje del parámetro  $n$  en la margen izquierda del sitio  $x$ .

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y N. Prat. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28:35–64.
- Aguiar, F.C., Feio, M.J. & M.T. Ferreira. 2011. Choosing the best method for stream bioassessment using macrophyte communities: Indices and predictive models. *Ecol Indic*, 11:379–388. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.06.006.
- Basílico, G. O. 2014. *Evaluación del impacto de ingresos puntuales de contaminantes en arroyos de llanura y pautas para su remediación* (Tesis Doctoral. Universidad Nacional de General Sarmiento).
- Basílico, G.O., De Cabo, L. y A. Faggi. 2015. Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana. *Rev del Mus Argentino Ciencias Nat*, 17:119–134.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Cambridge.
- Cochero, J., Cortelezzi, A., Jensen, R., Tarda, A. y N. Gómez. 2014. Un índice para evaluar la calidad del hábitat de arroyos urbanos pampeanos. 6° Congreso Argentino de Limnología, La Plata. *Biol Acuática*, 29:132.
- Cochero, J., Cortelezzi, A., Tarda, A.S., Gómez, N., Santiago Tarda, A. & N. Gómez. 2016. An index to evaluate the fluvial habitat degradation in lowland urban streams. *Ecol Indic*, 71:134–144. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.06.058.
- de Cabo, L., y S. Arreghini. 2016. Aportes para la construcción de índices e indicadores de calidad del agua para la región pampeana. En: Volpedo, A., de Cabo, L.I. y Arreghini, S. (eds). *Ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos*. VIII EMEAP. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: 145–154.
- Dixon, I., Douglas, M., Dowe, J., Burrows, D. & S. Townsend. 2005. A rapid method for assessing the condition of riparian zones in the wet/dry tropics of Northern Australia. In: Rutherford, I.D., Wiszniewski, I., Askey-Doran, M. & R. Glazik, (eds): 4th Australian Stream Management Conference. Launceston, Tasmania: 173–178.
- Feijoó, C., Gantes, P., Giorgi, A., Rosso, J. y E. Zunino. 2012. Valoración de la calidad de ribera en un arroyo pampeano y su relación con las comunidades de macrófitas y peces. *Biol acuática*, 27:113–128.
- Forest Service US. 1992. *Integrated riparian evaluation guide: Intermountain Region. Ogden, Utah*. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Region., Ogden, Utah.
- Fry, J., Steiner, F.R. & D.M. Green. 1994. Riparian evaluation and site assessment in Arizona. *Landsc Urban Plan*, 28:179–199.
- Giorgi, A. y C. Feijoó. 2016. Indicadores de salud de los ríos: Necesidad de un acuerdo en su aplicación y difusión. En: Volpedo, A. V., de Cabo, L., Arreghini, S. y Fernández Cirelli, A. (eds) *Ecología y manejo de ecosistemas acuáticos pampeanos*. VIII EMEAP. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: 125–130.
- Gómez, N. y J. Cochero. 2013. Un índice para evaluar la calidad del hábitat en la Franja Costera Sur del Río de la Plata y su vinculación con otros indicadores ambientales. *Ecol Austral*, 23:18–26.
- González del Tánago, M. & D. García de Jalón. 2011. Riparian Quality Index (RQI): A methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones. *Limnetica*, 30:235–254.
- González del Tánago, M. y D. García de Jalón. 2006. Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. *Ing Civ*, 143:97–108.
- Gualdoni, C.M., Duarte, C.A. y E .A. Medeot. 2011. Estado ecológico de dos arroyos serranos del sur de Córdoba, Argentina. *Ecol austral*, 21:149–162.
- Jansen, A., Robertson, A., Thompson, L., Wilson, A. & R. Watts. 2007. *Rapid Appraisal of Riparian Condition, Technical Guideline for the wool-growing districts of Tasmania*. Canberra, Australia.
- Kleynhans, C.J., Mackenzie, J. & M.D. Louw. 2007. River Eco-classification - Manual for EcoStatus determination (Version 2) - Module F: Riparian Vegetation Response Assessment Index (VEGRAI).
- Kutschker, A., Brand, C. & M.L. Miserendino. 2009. Quality assessment of riparian corridors in streams of northwest Chubut affected by different land use [Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del N.O. del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra]. *Ecol Austral*, 19:19–34.
- Melnigani, E. 2017. *Pautas para la remediación y recuperación de áreas sujetas a contaminación mixta de cuencas urbanas y periurbanas de llanura*. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Munné, A., Prat, N., Solá, C., Bonada N., & M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst*, 13:147–163.
- Munné, A., Solá, C. y N. Prat. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnol del Agua*, 175:20–37.

- Naiman, R.J., Decamps, H. & M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecol Appl*, 3:209–212.
- Nelson, S.M. & D.C. Andersen. 1994. An Assessment of Riparian Environmental Quality by Using Butterflies and Disturbance Susceptibility Scores. *Southwest Nat*, 39:137. doi: 10.2307/3672237.
- O'Neill R V., Hunsaker, C.T., Jones, K.B., Riitters, K.H., Wickham, J.D., Schwartz, P.M., Goodman, I.A., Jackson, B.L. & W.S. Baillargeon. 1997. Monitoring Environmental Quality at the Landscape Scale: Using landscape indicators to assess biotic diversity, watershed integrity, and landscape stability. *Bioscience*, 47:513–519.
- Parsons, M., Thoms, M. & R. Norris. 2002. Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol. Monit river Heal Initiat Tech Rep.
- Parsons, M., Thoms, M.C. & R.H. Norris. 2004. Development of a standardised approach to river habitat assessment in Australia. *Environ Monit Assess*, 98:109–130.
- Prichard, D., Anderson, J., Correll, C., Fogg, J., Gebhardt, K., Krapf, R., Leopnard, S., Mitchell, B. & J. Staats. 1998. *A user guide to assessing proper functioning condition under the supporting sciences for lotic areas*. Denver, Colorado.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. & M. Bussettini. 2013. A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology*, 180–181:96–108 . doi: 10.1016/j.geomorph.2012.09.009.
- Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A. & K.C. Ewald. 2006. Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landsc Urban Plan*, 78:50–70 . doi: 10.1016/j.landurbplan.2005.05.006.
- Saint-Jacques, N. & A. Richard. 1998. *Développement d'un indice de qualité de la bande riveraine: Application à la rivière Chaudière et mise en relation avec l'intégrité biotique du milieu aquatique*. Québec, Canada.
- Santolini, R., Morri, E., Pasini, G., Giovagnoli, G., Morolli, C. & G. Salmoiraghi. 2015. Assessing the quality of riparian areas: the case of River Ecosystem Quality Index applied to the Marecchia river (Italy). *Int. Journal of Rivers Basin Management*, 13:1–16 . doi: 10.1080/15715124.2014.945091.
- Schroeder, R.L. & A.W. Allan. 1992. *Assessment of Habitat of Wildlife Communities on the Snake River, Jackson, Wyoming*. U.S. Geological Survey, Washington, D.C.
- Sirombra, M.G. & L.M. Mesa. 2012. A method for assessing the ecological quality of riparian forests in subtropical Andean streams: QBRy index. *Ecol Indic*, 20:324–331.
- Troitiño, E., Costa, M.C., Ferrari, L. y A. Giorgi. 2010. La conservación de las zonas ribereñas de arroyos pampeanos. En: *Actas del I Congreso de Hidrología de Llanuras*. Azul: 1256–1263.
- Ward, T.A., Tate, K.W. & E.R. Atwill. 2003. *Visual Assessment of Riparian Health*. Oakland, California.
- Winward, A.H. 2000. *Monitoring the Vegetation Resources in Riparian Areas*. The Author. Ogden, UT.