



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS
ORIENTACIÓN ECOLOGÍA



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy

Tesis final de Licenciatura

Montevideo, Uruguay

Julio, 2016

**DEFINICIÓN DE SITIOS DE
REFERENCIA EN LA CUENCA DEL
RÍO SANTA LUCÍA.**

María Mannise.

Tutor: Dr. Guillermo Chalar.

Sección Limnología. Facultad de Ciencias.

ÍNDICE

<u>Resumen.</u>	2
<u>Introducción.</u>	
1. Antecedentes y justificación	4
1.1. Ecosistemas fluviales e impactos antrópicos.	
1.2. Utilización de sitios de referencia como herramienta para la preservación de la integridad de los ecosistemas fluviales	5
1.3. Metodologías y estudios que implican la utilización de sitios de referencia.	6
<u>Hipótesis y objetivos.</u>	8
2.1 Hipótesis	
2.2 Objetivo general	
2.3 Objetivos específicos	
<u>Materiales y métodos.</u>	
3.1 Área de estudio	8
3.2 Selección de sitios	9
3.3 Parámetros físico-químicos	10
3.4 Parámetros biológicos	12
3.5 Zona ribereña	12
3.6 Análisis estadísticos	13
<u>Resultados</u>	
4.1 Parámetros fisicoquímicos	14
4.2 Parámetros biológicos	16
4.3 Zona ribereña	20
<u>Discusión</u>	21
<u>Conclusión.</u>	25
<u>Bibliografía</u>	26
<u>Anexo I</u>	
Cuestionario RCA (adaptado)	28
Cuestionario índice QBR	31
<u>Anexo II</u>	
Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por réplica	33
<u>Anexo III</u>	36
<u>Anexo IV</u>	
Imágenes sitios muestreados	37
<u>Anexo V</u>	
Imágenes macroinvertebrados bentónicos	39

RESUMEN.

Ante el incesante incremento de las demandas de agua dulce, esta se perfila en todo el mundo como un recurso escaso. Las actividades antrópicas ejercen presión sobre los ríos, sin grandes restricciones, lo que ha provocado que muchos de estos ecosistemas acuáticos presenten en la actualidad una mala calidad ambiental y esté en riesgo su integridad ecológica.

El deterioro de la integridad ecológica de estos ecosistemas ha llevado a una toma de conciencia de la necesidad de conservar estos recursos, preservando los ecosistemas menos impactados y tratando de recuperar los más perturbados. Los programas de evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas se basan, en general, en comparar los cursos de agua de una ecoregión con sitios de referencia dentro de una misma eco-región.

Los sitios de referencia son los que presentan el mínimo grado de perturbación. Existen distintos enfoques metodológicos para la búsqueda de sitios de referencia, los cuales dan importancia a la valoración biológica del ambiente. Una de las comunidades utilizadas es la de macroinvertebrados bentónicos ya que sus características los hacen buenos indicadores.

Las comunidades biológicas están en una constante respuesta a los cambios físicos, a la dinámica química y a procesos ecosistémicos que se modifican minuto a minuto y de año a año.

Uruguay se caracteriza por poseer una vasta red hidrográfica de la cual se tiene poca información, solo de aquellos que cumplen algún servicio ecosistémico como por ejemplo lo que se utilizan para uso de agua potable.

Este trabajo tuvo como objetivo la definición de sitios de referencia en la cuenca del Río Santa Lucía. Esta cuenca es de gran importancia ya que abastece de agua potable para el consumo de la población. Para ello, se determinó la estructura de la comunidad de macro invertebrados bentónicos, la composición fisico-química del agua, las características físicas del canal y la integridad de la zona ribereña. Se caracterizaron diez sitios realizándose un único muestreo en cada uno de ellos.

Los sitios de referencia se caracterizaron por tener valores de PT menores a 71 µg/L dominancia de organismos típicos de ambientes no alterados del Orden Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, altos valores de diversidad y buenos valores de integridad ribereña.

Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos, de los sitios muestreados cinco presentan condiciones de referencia, de los cuales tres están ubicados en la zona

serrana, departamento de Lavalleja, y dos que se encuentran ubicados en el departamento de San José.

INTRODUCCIÓN.

1. Antecedentes y justificación

1.1. Ecosistemas fluviales y su degradación.

Los ecosistemas fluviales se ven afectados por los impactos directos e indirectos generados por las diferentes actividades antrópicas. Los distintos usos del suelo provocan cambios en la calidad del agua incluyendo condiciones muchas veces irreversibles. Las diferentes actividades que se realizan en la cuenca se verán reflejadas en las características bióticas y abióticas de los sistemas fluviales. Esto se ve reflejado principalmente en las características de los sedimentos ya que actúan como testigos de los diferentes procesos que se den en la cuenca.

La calidad del agua puede estar afectada tanto por descargas puntuales como no puntuales de contaminantes. Ejemplos de descargas de contaminantes no puntuales son las que llegan al agua por escorrentía del lavado de los suelos agrícolas que aportan nutrientes y sedimentos. Las descargas puntuales pueden deberse a efluentes de industrias, municipios o residencias sin el tratamiento adecuado.

La degradación creciente de los ecosistemas fluviales y el deterioro de la integridad ecológica (integridad física, química y biológica), ha llevado a una toma de conciencia respecto a la necesidad de proteger estos recursos, preservando los ecosistemas menos impactados y tratando de recuperar los más perturbados. Por estos motivos es importante prevenir y controlar las fuentes de emisión de contaminantes así como también monitorear las variaciones espaciales y temporales de la integridad ecológica.

La biota de los ecosistemas acuáticos está expuesta a un rango natural de disturbios que varían temporalmente, en intensidad, frecuencia y espacialmente (Giller, 1996). Las consecuencias del cambio climático y la propuesta futurista de una aceleración de éste podrían afectar la composición y diversidad de las especies (Thuiller et al. 2005; Tilman & Lehman 2001) y por tanto el valor funcional del ecosistema. Los efectos varían ampliamente entre regiones, dependiendo de las características geográficas y de las características naturales históricas.

La información temprana, en la que se establecen las condiciones ambientales previas al comienzo de una actividad humana, se denomina "línea de base" o "puntos de referencia". La misma debe identificar y registrar los procesos que regulan la dinámica de las comunidades biológicas, para luego compararla con la información resultante del monitoreo posterior al comienzo de la actividad.

Estos estudios ambientales permiten desarrollar programas de monitoreo denominados BACI (por sus siglas en inglés “before – after control impact”) como forma de determinar los efectos de una acción humana en el ambiente a lo largo del tiempo y así poder elaborar mecanismos para su control. En esta clase de estudios, se realiza una comparación entre los sitios control (libre de impacto) e impactado lo que permite determinar la presencia/ausencia y/o grado del impacto. Frente a la presencia de un impacto, a lo largo del tiempo se corroborarán diferencias entre ambas zonas, en función de la magnitud y naturaleza del impacto.

1.2 Utilización de sitios de referencia como herramienta para la preservación de la integridad de los ecosistemas fluviales

Los programas de evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas se basan, en general, en comparar los cursos de agua de una ecoregión con sitios de referencia dentro de la misma ecoregión (U.S. EPA, 1996).

Las ecoregiones son áreas homogéneas con sistemas ecológicos similares donde se dan las interacciones entre los factores naturales y la actividad del hombre. Estas áreas pueden definirse por la cobertura de vegetación, el uso del suelo y la geología, y se utilizan como unidad de control y manejo de los recursos naturales (Omernik, 1995).

Los sitios de referencia son un elemento crítico en la evaluación de la calidad de un ecosistema acuático. La definición de estos sitios se basa en la identificación de los lugares mínimamente perturbados por la actividad del hombre tomando como ejemplo las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas que caracterizan a cada ecoregión. Como los sitios prístinos propiamente dichos, donde el hombre no haya dejado su marca no existen, se trata de ubicar sitios de referencia que presenten el menor grado de perturbación. De esta forma pueden utilizarse para comparar sus características fisicoquímicas y biológicas con otros sitios. Asimismo representan las condiciones naturales deseadas que se deberían alcanzar a la hora de recuperar los sitios más perturbados (Barbour, 2000).

De las consideraciones anteriores se desprende la gran relevancia de una adecuada caracterización de sitios de referencia para el control y monitoreo de los recursos acuáticos así como también para la gestión de los recursos hídricos, la toma de decisiones y para el diseño de políticas de conservación.

1.3 Metodologías y estudios que implican la utilización de sitios de referencia.

Los sitios de referencia son una herramienta utilizada por las agencias ambientales tanto en Estados Unidos (EPA) como en la Unión Europea. Dada la importancia de la preservación de los recursos acuáticos, se han desarrollado importantes políticas ambientales en los cuales se enmarcan los esfuerzos de conservación y recuperación de los ecosistemas, el Water Frame Directive (WFD) en Europa y el Clean Water Act (CWA) en Estados Unidos, ambos tienen como objetivo restaurar y mantener la integridad ecológica de sus cursos de agua.

Existen distintos enfoques para el cumplimiento de los objetivos planteados por estas agencias en sus políticas ambientales, algunos de los cuales utilizan comunidades biológicas para la evaluación de la integridad ecológica. El RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System), el AusRivAs y el BEAST, son modelos multivariados los cuales se caracterizan por la implementación de sitios de referencia en su desarrollo. Estos métodos han sido aplicados en distintos estudios, en varias zonas geográficas y el primer paso de todos ellos es establecer condiciones de referencia. El RIVPACS fue desarrollado originalmente en el Reino Unido, es un modelo predictivo que apunta a evaluar la salud biológica de los ecosistemas y su integridad ecológica y consiste en la clasificación de sitios de referencia, dentro de las distintas ecoregiones presentes en el área de estudio, en base a la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, luego se estudian variables ambientales asociadas a cada sitio. Estas mismas variables se miden en sitios de estudio para predecir la fauna esperada (E) en los mismos si no existiera perturbación, tomando en cuenta los sitios de referencia ya caracterizados y finalmente se construye un índice de calidad comparando fauna observada (O) y esperada (E) en los sitios de estudio (Clarke, 2003; Hughes, 2010).

Existen varios estudios realizados con esta metodología (Hawkins, 2000; Haase, 2004; Herbst, 2006; Hargett, 2007; Mazor, 2009) así como también existen estudios que utilizan variaciones de esta metodología pero que comparten las mismas bases y han sido adaptadas a otras regiones geográficas, como lo son el AusRivAs (Australian River Assessment System) utilizado en Australia (Lloyd, 2002; Feio, 2009) y el BEAST (Benthic Assessment of Sediment) desarrollado en Canadá (Hughes, 2010) que ha sido aplicado en cuencas de Brasil (Moreno, 2009).

Tanto los índices multimétricos (índices biológicos integrados) como los modelos predictivos comparan sitios impactados con respecto a sitios de referencia, su diferencia está en cómo miden la integridad biológica. En el primer enfoque la integridad se evalúa midiendo varios atributos que al unirlos llevan a una medida de la

condición biológica, el máximo puntaje corresponde a los sitios de referencia, y en el segundo enfoque la integridad se define por la composición de la biota, o sea que el estado de degradación o no que tenga un sitio se da por la diferencia que existe entre la composición taxonómica en los sitios de estudio con respecto a los de referencia, ambos deben tener condiciones fisicoquímicas similares para ser comparables (Segnini, 2003).

La integridad biológica de una ecoregión está representada por la estructura de las comunidades de los sitios de referencia. Una de las comunidades utilizadas para determinarla es la de macroinvertebrados bentónicos. Esto se debe a su alta predictibilidad de respuesta frente a diferentes clases de presiones naturales y antrópicas, son ecológicamente diversos, habitan en casi todos los tipos de cursos de agua y ya que no se mueven grandes distancias su presencia o ausencia puede ser relacionada con las condiciones ambientales en un tramo del curso de agua. Sus ciclos de vida son generalmente largos, por lo tanto pueden integrar perturbaciones ambientales que hayan ocurrido en un período extenso de tiempo. Algunas de las ventajas de utilizar este grupo de organismos como indicadores de calidad es que permiten la integración tanto de perturbaciones químicas como físicas en el tiempo, así como también permiten evaluar de forma directa los efectos de las perturbaciones en el medio (Clarke, 2003; Hughes, 2007; Chalar, 2011).

La integridad física del canal y la zona ribereña, determinan el hábitat donde se desarrollarán las distintas comunidades biológicas y las alteraciones que se produzcan de esta integridad también afectarán a dichas comunidades. Las características a tener en cuenta a la hora de evaluar la integridad del canal y la zona ribereña son: el tipo de vegetación, el grado de alteración del suelo, la conectividad monte-paisaje, el sombramiento, la pendiente y forma de la zona ribereña, si existen objetos que atraviesen el canal, los sedimentos, el tipo de fondo y la sucesión de rápidos y pozas. Una buena calidad de la zona ribereña favorece a mantener la biodiversidad, permite la amortiguación de los impactos causados por las actividades antrópicas y mantiene la estabilidad del canal.

La integridad química va a estar determinada por la composición físico-química del agua, los sitios de referencia se caracterizan por la presencia de valores mínimos de nutrientes.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

2.1. Hipótesis.

Los sitios de referencia seleccionados presentarán una diversidad alta de macroinvertebrados bentónicos, bajos valores de nutrientes y una alta integridad del canal y la zona ribereña.

2.2. Objetivo General

Realizar la caracterización ambiental de diez sitios de referencia en la cuenca del Río Santa Lucía que comprendan todas las zonas de la cuenca.

2.3. Objetivos específicos

- 1- Determinar la composición y abundancia de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en cada sitio
- 2- Determinar las características físico-químicas del agua de cada sitio
- 3- Determinar la calidad del hábitat de los sitios de referencia, teniendo en cuenta las características físicas del canal y la integridad de la zona ribereña

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Área de estudio.

La cuenca del Río Santa Lucía se localiza al Sur de Uruguay (34°41' – 34°51'S; 54°59' – 57°7'W) ocupando los departamentos de Flores, Florida, San José, Canelones, Montevideo y Lavalleja, abarcando un área de 13.310 km². Se extiende sobre tres formas de relieve dominante: la Penillanura Cristalina al Norte del río, la Planicie Platense de acumulación sedimentaria al Sur y las Serranías del Este. Los suelos corresponden principalmente a seis unidades, pero en su mayoría la cuenca está cubierta por brunosoles, suelos oscuros con mucha materia orgánica y textura media (Arocena, 2008).

Los usos del suelo que caracterizan la cuenca, según el Censo General Agropecuario 2000, eran la ganadería, cultivos cerealeros en la cuenca del arroyo Chamizo en Florida y el Tala superior en Canelones, lechería principalmente en el Santa Lucía Chico inferior y el San José inferior, zonas hortifrutivinícolas al SW de Canelones y adyacencias de Montevideo, y por último los bosques artificiales principalmente en los márgenes del curso inferior del San José y en parches aislados del bajo Santa Lucía (Arocena, 2008).

Esta cuenca es de gran importancia ya que provee agua para el consumo humano a la gran mayoría de la población del área metropolitana de Montevideo-

La alteración de los recursos acuáticos en Uruguay está relacionada con las actividades agropecuarias, industriales, construcción de centros urbanos, construcciones de represas y tajamares. Estas actividades han provocado cambios en la cobertura del suelo y la disminución del monte ribereño. Los efectos que producen dichas alteraciones están relacionados a la pérdida de biodiversidad, aumento de la erosión y del aporte de nutrientes a los cursos de aguas (Arocena, 2008; DINAMA, 2009).

3.2 Selección de sitios.

Según la metodología propuesta por Hughes (2010) la identificación de las condiciones de referencia se puede realizar por un proceso que consta de varias etapas:

- 1- definir áreas de interés, utilizando límites naturales cuando es posible
- 2- definir cuerpos de agua de interés por tipo y tamaño
- 3- seleccionar candidatos a sitios de referencia tratando de rechazar sitios perturbados y elegir los sitios mínimamente afectados, utilizando datos y mapas disponibles
- 4- realizar un reconocimiento de campo previo para determinar los sitios y confirmar o descartar elecciones previas, ya que no necesariamente los datos utilizados en los análisis previos están actualizados
- 5- evaluar subjetivamente la calidad de esos candidatos
- 6- determinar el número de sitios necesarios
- 7- evaluar cuantitativamente los sitios de referencia, para esto se toman medidas de la biota (macroinvertebrados identificados al nivel taxonómico más bajo posible), química del agua, propiedades físicas de los arroyos y se evalúa también el hábitat (Hughes, 2010).

Tabla 1. Sitios de muestreo

ESTACION	ARROYO	COORDENADAS	DEPARTAMENTO	CURSO DE AGUA PRINCIPAL
G	Guaycurú	34°1'S 56°53'W	San José	Río San José
M	Mahoma	34°03'S 56°53'W	San José	Río San José
LC	La Cruz	33°58'S 56°10,4'W	Florida	Río Santa Lucía Chico
SG	San Gerónimo	33°53'S 56°06'W	Florida	Río Santa Lucía Chico
S	Serrana	34°20'S 55°0'W	Lavalleja	Río Santa Lucía
P	Penitente	34°22,5'S 55°03'W	Lavalleja	Río Santa Lucía
SL	Santa Lucía	34°11,7'S 55°8'W	Lavalleja	Río Santa Lucía
C	Cochengo Cañada de la	34°29,04'S 55°51,55'W	Canelones	Arroyo del Tala
H	Horqueta	34°29,69'S 55°55,35'W	Canelones	Arroyo Pando

Se realizaron 3 salidas de campo en los meses de noviembre y diciembre de 2012, teniendo en cuenta las distintas zonas que comprenden la cuenca, en las cuales se obtuvieron las muestras a analizar en el laboratorio de 10 sitios diferentes, se realizó un único muestreo en cada sitio (Tabla 1).

La primera salida realizada en noviembre fue un muestreo piloto, en el cual se descartaron posibles sitios debido al acceso para la toma de muestras y también se realizaron medidas in situ de oxígeno, pH y conductividad, algunos valores obtenidos nos permitieron descartar y/o seleccionar sitios para ser muestreados en las salidas realizadas en diciembre.

En las dos salidas realizadas en diciembre se tomaron muestras de agua, se midieron parámetros in situ con sensores y se realizó la colecta de macroinvertebrados bentónicos.

3.3 Parámetros Físicoquímicos.

Se definieron tramos de río de 25 metros, los cuales se esquematizaron detallando la distribución de sedimentos, macrófitas acuáticas, profundidades de las distintas zonas permitiendo así determinar parches dentro del tramo, con lo cual se estimó la heterogeneidad espacial, los distintos micro hábitats que se encontraron en el tramo. Una mayor cantidad de parches se correspondería con un tramo que presenta mejor integridad ecológica (Figura 1). Se midieron velocidades para calcular el caudal del tramo y se tomaron medidas in situ por triplicado (aguas arriba, medio y aguas abajo) de distintos parámetros: pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto con sensores de campo.

Se colectaron muestras integradas de agua con bidones de 3L para determinar en el laboratorio: sólidos y materia orgánica suspendida, nitrato, amonio, fósforo reactivo soluble, fósforo y nitrógeno total (Standard Methods, 1995). En el laboratorio se filtraron las muestras para determinar sólidos suspendidos totales (SST) y materia orgánica en suspensión (MOS) y el resto se congeló en forma de agua filtrada y sin filtrar, para su conservación hasta el análisis. Los SST y la MOS se determinaron por diferencia de peso.



Figura 1. Zonificación del tramo, arroyo Penitente (esquema realizado en el trabajo de campo).

El fósforo reactivo soluble (PRS) se midió mediante la técnica descrita por Murphy & Riley (1962), el amonio mediante la descrita por Koroleff (1970), el nitrato fue estimado mediante el método de Widemann (1955), y el nitrógeno y fósforo total, (NT y PT respectivamente), se obtuvieron mediante el método descrito por Valderrama (1981).

Con los datos obtenidos también se calculó el índice de calidad de agua (ICA- Santa Lucía). El ICA es un número adimensional comprendido entre 1 y 100, donde a mayor valor mejor es la calidad del recurso, este índice utiliza parámetros físico-químicos que son la conductividad, el oxígeno disuelto, los sólidos suspendidos totales, el nitrato y el fósforo (Arocena, 2008).

Mediante la concentración de fósforo total obtenida en los análisis de las muestras de agua, se determinó el estado trófico de cada sitio, teniendo en cuenta que las concentraciones menores a 71 $\mu\text{g/L}$ corresponden a un estado trófico oligomesotrófico, valores de concentración dentro del rango 71 – 383 $\mu\text{g/L}$ corresponden a estados eutróficos, y los valores superiores a 383 $\mu\text{g/L}$ a estados hipereutróficos (Chalar, 2011).

En los tramos seleccionados, se determinaron zonas que difirieran en la vegetación, tipo de sedimentos, el tipo corriente, velocidad para poder determinar la heterogeneidad espacial de ambientes dentro del tramo.

3.4 Parámetros biológicos.

Para el muestreo de la comunidad de macroinvertebrados se realizaron 3 arrastres de red en cada sitio de 2 minutos de duración cada uno. Las muestras colectadas fueron fijadas en alcohol al 70% para su preservación y posterior análisis. En el laboratorio las muestras fueron tamizadas, se separaron los organismos y se identificaron con claves hasta el menor nivel taxonómico posible (Chu, 1949; De Castellanos, 1992; Lopretto, 1995; Martins Costa, 2004; Dominguez, 2009).

Con los datos obtenidos también se calculó el índice TSI-BI para determinar el estado trófico de los sitios muestreados así como también el índice EPT. El índice TSI-BI determina el estado trófico del arroyo utilizando los valores de tolerancia de los géneros macroinvertebrados bentónicos, el valor óptimo para su presencia y la abundancia que presentan en el tramo estudiado. Los valores del índice mayores a 8 corresponden a arroyos mesotróficos, valores entre 6 y 8 a arroyos eutróficos, y valores menores a 6 corresponden a arroyos hipereutróficos (Chalar, 2011).

El índice EPT determina la proporción de organismos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera que se encuentran en el total de organismos obtenidos en la muestra.

3.5 Zona ribereña.

Se aplicaron 2 metodologías distintas para el estudio de la zona ribereña y las propiedades físicas del canal, una de las cuales utiliza el índice QBR (Munné, 2003) y la otra es una adaptación del Inventario de Riberas, Canal y Ambiente (RCA) (Petersen, 1992) (Anexo I).

También se tomaron ejemplares de la macrófitas leñosas y arbustos de las orillas de cada tramo que luego fueron clasificados taxonómicamente en el laboratorio mediante claves.

3.6 Análisis estadísticos.

Se determinó la Diversidad de Shannon promedio en base a las tres réplicas tomadas en cada tramo utilizando el programa Biodiversity Pro (Magurran, 2004) así como también la equitatividad, dominancia y rarefacción. Se evaluó la existencia de diferencias en la diversidad, abundancia y riqueza de macroinvertebrados bentónicos, en las distintas estaciones de muestreo mediante un ANOVA de una sola vía utilizando el programa Statistica 8 (StatSoft Inc., 2007). También se realizó un análisis de agrupamiento, con el objetivo de clasificar los tramos de estudio, la distancia entre grupos se midió mediante distancia Euclídeana al cuadrado y el método de Ward (StatSoft Inc., 2007) para definir el amalgamiento. Las variables utilizadas para el análisis de agrupamiento fueron: TSI-BI, heterogeneidad, RCA, riqueza, diversidad de Shannon, abundancia, nitrógeno y fósforo total. Para determinar las diferencias entre grupos se realizó un test no paramétrico para dos muestras independientes, el Mann Whitney U test.

RESULTADOS

4.1 Parámetros físicoquímicos.

En la tabla 2 se muestran los valores promedios de los parámetros medidos in situ en los distintos tramos estudiados así como también los valores obtenidos en los análisis realizados en el laboratorio de: nutrientes, sólidos y materia orgánica. La conductividad presentó valores altos en los sitios ubicados en la zona sedimentaria (639 – 800 $\mu\text{S/s}$) presentando el mayor valor el tramo C y el menor valor se obtuvo en el tramo S. El pH medido estuvo en un rango de 7,3 - 7,9, encontrándose estos valores cerca de la neutralidad. En cuanto a la oxigenación de los arroyos, los sitios que se encuentran en la zona serrana presentaron los valores más altos, encontrándose el mayor valor el arroyo P (9.5 mg/L) y el menor H (2.0 mg/L). El caudal (Q) fue mayor en el arroyo LC (0.8 m/s) y menor en SL (0.04 m/s). En el arroyo P se obtuvo el menor valor de SST (1.5 mg/L) y MOS (0.7 mg/L). Por otro lado, el arroyo LC presentó el mayor valor de MOS (11.3 mg/L). El mayor valor de SST se obtuvo en el arroyo M (9.8 mg/L). Todos los valores obtenidos de sólidos y materia orgánica son bajos. El análisis de nutrientes mostró que el tramo de H tiene los valores más altos de nitrato (730 $\mu\text{g/L}$), PRS (530 $\mu\text{g/L}$) y PT (730 $\mu\text{g/L}$), y los menores se encontraron en S (26 $\mu\text{g/L}$ – 20 $\mu\text{g/L}$ – 11 $\mu\text{g/L}$). El menor valor de NT se encontró en P (51 $\mu\text{g/L}$) y el mayor en M (791 $\mu\text{g/L}$), y con respecto al amonio el valor más alto se obtuvo en el tramo G (96 $\mu\text{g/L}$) y el más bajo en SL (10 $\mu\text{g/L}$).

La heterogeneidad espacial observada en cada tramo fue mayor en M (14) y menor en SG (6). En M predominaron parches con gran porcentaje de grava, clastos y pedreguyo, macrófitas en la orilla que generaban sombra, parches de rápidos y lugares de “back water”. SG se caracterizó por la presencia de parches con sedimento fino, arcilla, un parche con presencia de piedras y grava, otros con plantas enraizadas emergentes, juncos y sauces en las orillas.

G presentó parches con sedimentos más finos, principalmente arena, parches de plantas sumergidas, “islas”, parches de rápidos y aguas lentas. LC se caracterizó por la presencia de parches con sedimentos más finos, arena y arcilla, islas, plantas sumergidas y emergentes, “pozos” de agua.

Los tres tramos de la zona serrana se caracterizaron por la presencia de sedimentos más gruesos. S presentó parches de roca y grava principalmente, un banco de plantas sumergidas, rápidos, isla, plantas en las orillas y pasto, mucha presencia de juncos en las orillas. P se caracterizó por tener rocas en todo el fondo del tramo estudiado y mucha vegetación, bancos de plantas sumergidas, rápidos y el monte serrano se encontró retirado. En SL el sedimento que predominó fue pedreguyo y

grava, parches de “pozos” de agua, rápidos y zonas de “back water”, piedras con algas y musgo.

Tabla 2. Parámetros físico- químicos. Promedio de las variables medidas: OD (oxígeno disuelto), temperatura, conductividad y pH. Valores obtenidos de caudal, SST (sólidos totales suspendidos), MOS (materia orgánica suspendida), porcentaje de MOS, Amonio, PRS (Fósforo reactivo soluble), P tot (Fósforo total), Nitrato, N tot (Nitrógeno total) y heterogeneidad espacial.

VARIABLES	G	M	SG	LC	S	P	SL	C	H1	H2
Temperatura (°C)	18.4	18.5	22.8	21.4	19.2	21.7	24.7	24	23.5	23.7
Conductividad (µS/s)	312.3	261.7	350.3	181.3	65.8	87.2	96	800	639	648
pH	7.8	7.7	7.7	7.4	7.4	7.3	7.9	7.7	7.7	7.8
OD (mg/L)	8.7	6.4	5.4	6.3	9.4	9.5	9.3	5.5	2	5.7
Caudal (Q) (m/s)	0.7	0.4	0.2	0.8	0.6	0.1	0.04			
SST (mg/L)	9.2	9.8	6.2	55	3.4	1.5	5.1			
MOS (mg/L)	2.5	2.2	1.7	11.3	1.6	0.7	1.4			
% MOS	26.9	32.7	27.4	20.6	47.1	47.7	27.9			
Amonio (µg/L)	96	30	33	40	29	12	10	87		28
PRS (µg/L)	689	74	133	308	20	20	24	345		530
P tot (µg/L)	85.4	73.4	167	416	11	11	30	459		730
Nitrato (µg/L)	322	515	156	272	26	39	26	459		730
N tot (µg/L)	639	791	355	684	55	51	88	426		568
Heterogeneidad especial	9	14	6	7	10	8	8			

El estado trófico para los sitios muestreados según la concentración de PT se clasificó como eutróficos los sitios M, G y SG, encontrándose M y G en el límite de la clasificación; S, P y SL se clasificaron como oligo- mesotróficos que son los que se ubican en la zona serrana; y LC, C y H se clasificaron como hipereutróficos (Tabla 3). Según el índice TSI- BI todos los arroyos se clasificaron como eutróficos.

Tabla 3. Estado trófico de los sitios muestreados, según concentración de PT y el índice TSI- BI; y calidad de agua del sitio según el índice ICA- Sta Lucía.

SITIO	PT (µg/L)	TSI-BI	ICA- Santa Lucía	Calidad
G	85 (Eutrófico)	7.14 (Eutrófico)	80	Buena
M	73(Eutrófico)	7.04 (Eutrófico)	70	Regular
SG	167 (Eutrófico)	6.98 (Eutrófico)	67.5	Regular
LC	416 (Hipereutrófico)	6.34 (Eutrófico)	62.5	Regular
S	11 (Oligo- mesotrófico)	7.19 (Eutrófico)	100	Buena
P	11 (Oligo-mesotrófico)	6.56 (Eutrófico)	100	Buena
SL	30 (Oligo-mesotrófico)	7.29 (Eutrófico)	100	Buena
C	459 (Hipereutrófico)			
H	730 (Hipereutrófico)			

Los resultados obtenidos con el ICA – Santa Lucía también se presentan en la tabla 3, siendo de buena calidad los 3 arroyos que se ubican en la zona serrana (S, P Y SL) con los valores máximos (100) y G, los otros arroyos presentaron una calidad regular siendo la de LC más baja (62,6).

4.2 Parámetros biológicos.

Se encontraron 59 géneros (Anexo II). La mayor abundancia se obtuvo en el arroyo LC y la menor en el arroyo M. La riqueza presentó un rango de 9 - 14 géneros, siendo la mayor en el tramo de LC y menor en M y S. La diversidad de Shannon (Figura 2) tuvo valores altos, siendo mayor en SL y menor en G (Tabla 4)

Tabla 4. Parámetros biológicos.

VARIABLES	G	M	SG	LC	S	P	SL
Abundancia	179	69	143	212	149	157	127
Riqueza	10	10	14	14	10	11	12
Diversidad de Shannon	2.082	3.191	3.302	3.274	2.723	2.169	3.362
Índice EPT	0.769	0.444	0.707	0.379	0.716	0.764	0.539

Los organismos muestreados más frecuentes y abundantes fueron los pertenecientes al género *Americabaetis* (Ephemeroptera), la familia Simuliidae (Diptera) y el género

Tricorythodes (Trichoptera). El género Hyalella solo se encontró presente en el arroyo La Cruz (LC) donde fue el de mayor abundancia (Anexo II).

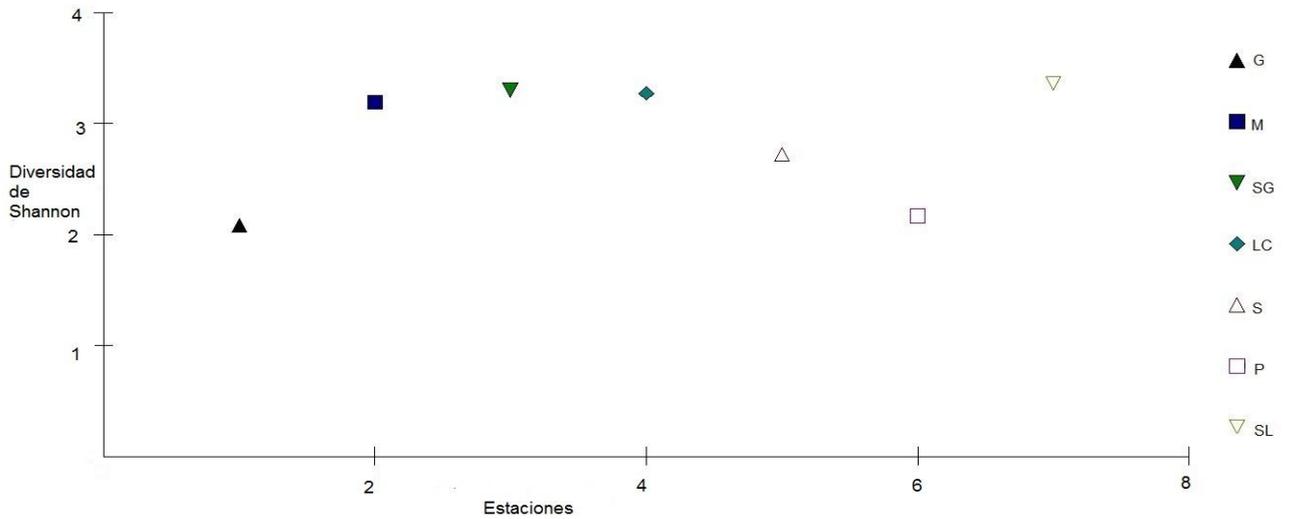


Figura 2. Diversidad de Shannon por sitio

Las curvas de rarefacción que relacionan la riqueza con la abundancia de macroinvertebrados bentónicos muestran una relación directa, sin embargo debería mostrar un patrón asintótico (Figura 3)

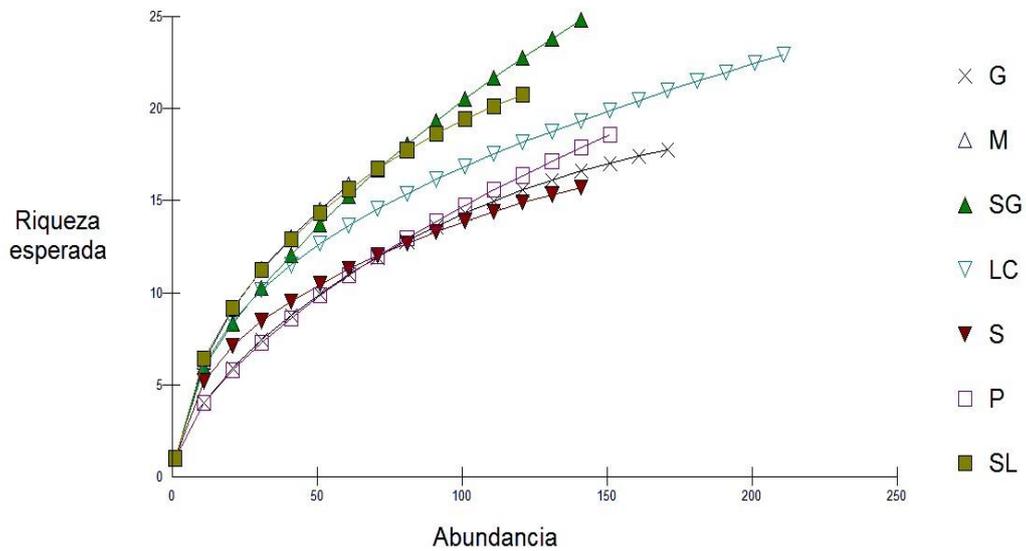
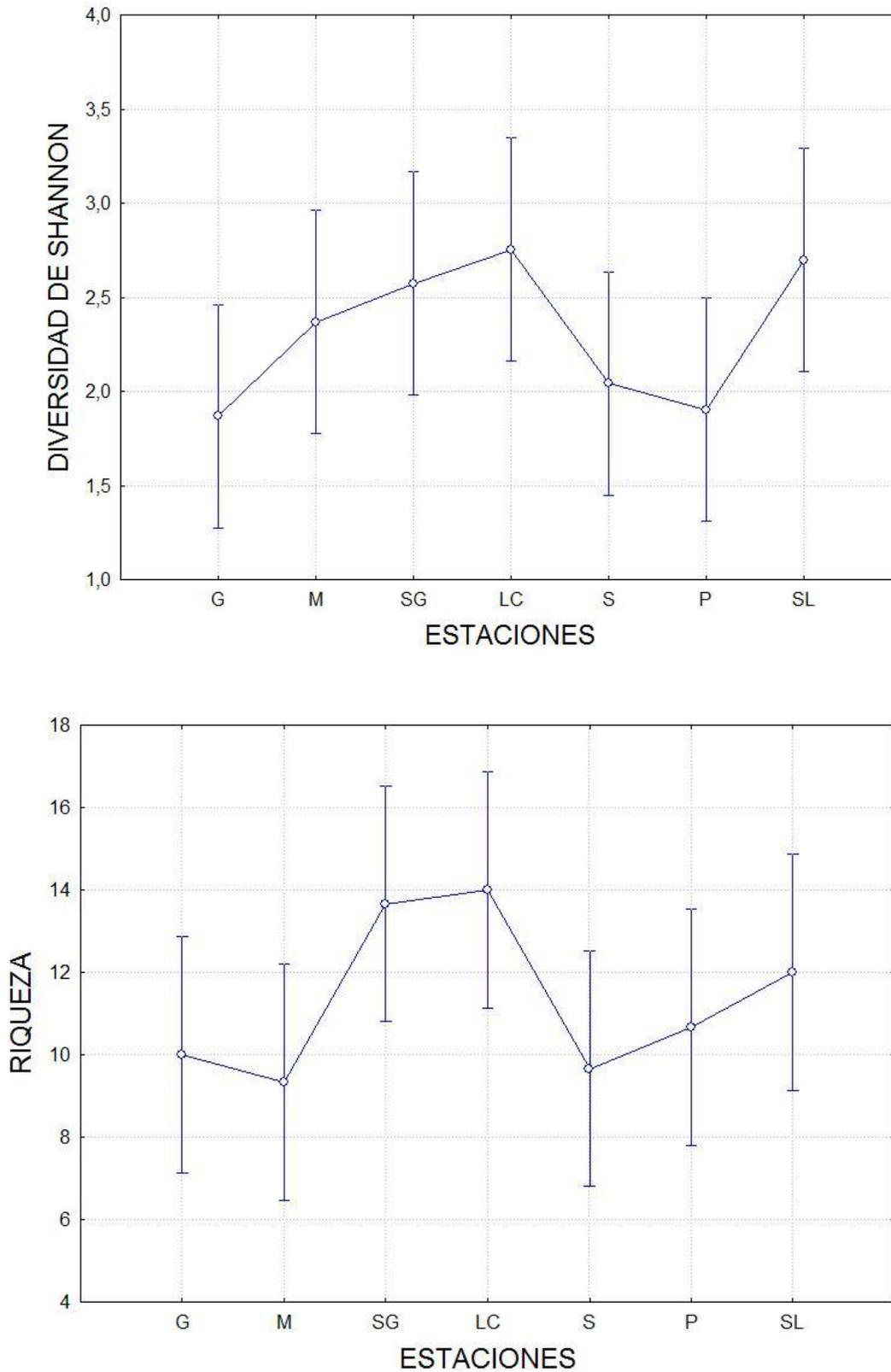


Figura 3. Curva de rarefacción de los sitios muestreados.

Los resultados obtenidos a través del ANOVA, muestran que no existen diferencias significativas en cuanto a la diversidad, riqueza y abundancia de macroinvertebrados entre los distintos sitios muestreados (Figura 4).



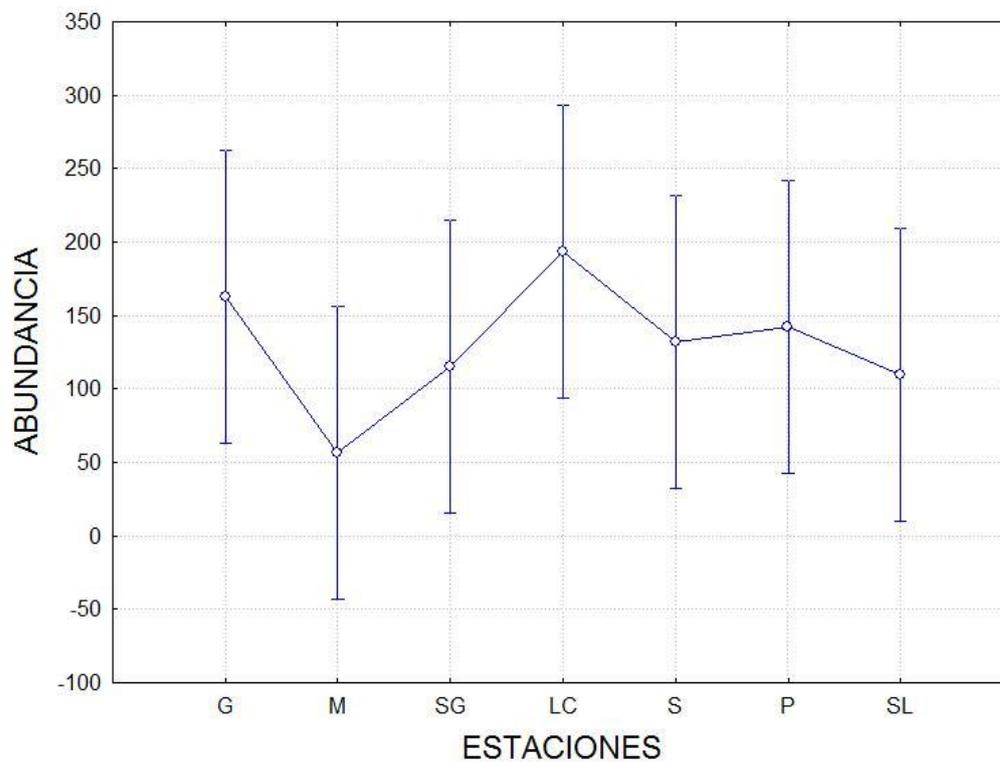


Figura 4. Resultados del U-test para las variables de la comunidad de macroinvertebrados A- riqueza, B- diversidad y C- abundancia por estaciones.

Los valores obtenidos del índice EPT (Tabla 4), son en su mayoría mayores al 50%, siendo el sitio G donde se encontró el mayor valor y LC el menor.

Los sitios muestreados pueden organizarse en dos grandes grupos, con el 60% de similitud, el primero contiene los sitios de la zona serrana S, P y SL, y el segundo los demás sitios M, G, LC y SG (Figura 5).

Los grupos obtenidos mediante el análisis de agrupamiento, Grupo I (Serrana, Penitente y Santa Lucía) y Grupo II (Guaycurú, Mahoma, San Gerónimo y La Cruz), presentan diferencias en la concentración de Nitrógeno total (N tot) y Fósforo total (P tot), de acuerdo a los resultados obtenidos en el Mann Whitney U test, para el N tot ($z=2.12$; $p=0.033$) y para el P tot ($z=2.12$; $p=0.033$).

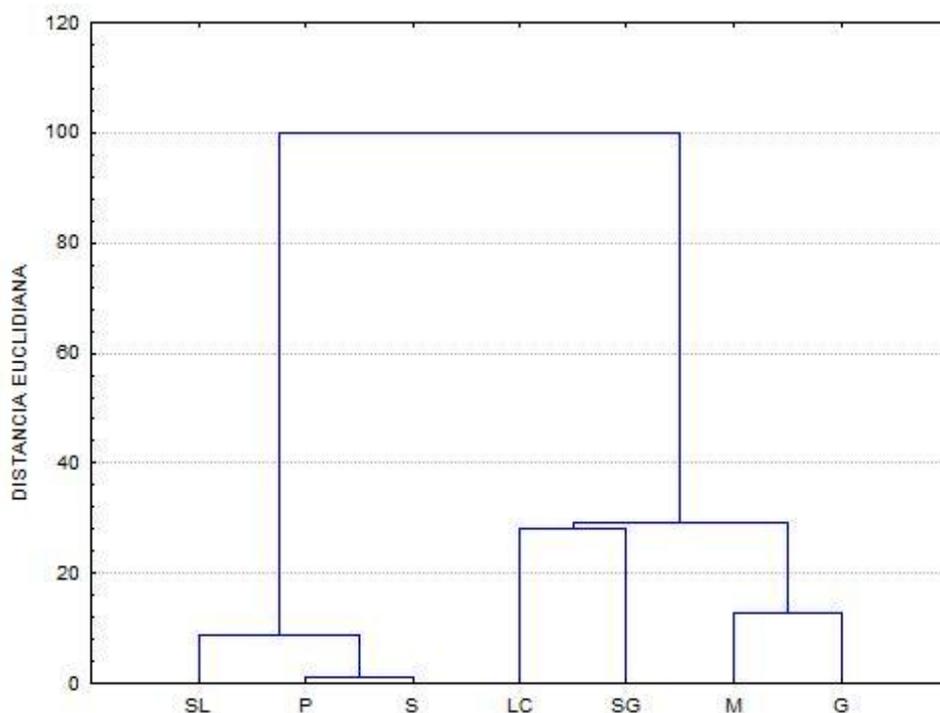


Figura 5. Análisis de agrupamiento.

4.3 Zona ribereña.

Analizando los resultados obtenidos con las 2 metodologías utilizadas, según el índice QBR los tramos S, P y M presentan muy buena calidad, los tramos G y SG buena calidad y, los tramos LC y SL tienen una calidad intermedia. Basándose en el puntaje del RCA (adaptado) todos los tramos presentan un valor superior al 50% menos un solo tramo, LC (Tabla 5).

Analizando los ejemplares de macrófitas leñosas y arbustos que se obtuvieron en las orillas de cada sitio, la mayor riqueza (8) se obtuvo en S y SL, y la mayor abundancia relativa (16) en S. La menor riqueza (2) se encontró en el sitio SG y a menor abundancia relativa (5) en el sitio LC. Dentro de las especies encontradas se encuentran árboles y arbustos nativos de Uruguay como: Espina de la cruz, Aruera, Blanquillo, Murta, Laurel y Arrayán. (Anexo III).

Tabla 5. Zona ribereña, resultados del RCA y el índice QBR.

Sitio	Puntaje RCA (adaptado)	Porcentaje RCA	Índice QBR	Nivel de calidad QBR
G	201	70.5	81	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena
M	255	89.5	109	Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena estado natural
SG	206	72.3	80	Buena calidad
LC	122	42.8	58	Inicio de alteración importante, calidad intermedia
S	260	91.2	97	Muy buena calidad
P	275	96.5	105	Muy buena calidad
SL	175	61.4	73	Calidad intermedia

DISCUSIÓN.

De los diez sitios estudiados tres fueron descartados por sus altos valores de nutrientes y su comunidad bentónica no fue considerada en este estudio, son los sitios ubicados en el departamento de Canelones. De los siete restantes, cinco presentaron condiciones de referencia según su composición fisicoquímica, biológica y hábitat ribereño: Serrana (S), Penitente (P), Santa Lucía (SL), Guaycurú (G) y Mahoma (M). Los dos restantes: San Gerónimo (SG) y La Cruz (LC), no presentaron condiciones de referencia.

Los menores valores de calidad ecológica que se encontraron en el sitio La Cruz (LC) se debieron a los bajos valores de calidad del hábitat ribereño. Este sitio se clasificó con una calidad intermedia ya que posee alteraciones en el canal, se observaron pisoteos de vacas, deposición de sedimentos más finos, mal olor, el fondo cubierto de algas y cortes en la vegetación ribereña. De acuerdo a la concentración de fósforo este sitio es hipereutrófico y su calidad según el ICA fue regular.

El sitio SG se clasificó como eutrófico según la concentración de fósforo total, y según el ICA su calidad fue intermedia. También fue el sitio que presentó el menor valor de heterogeneidad espacial.

Los valores de diversidad obtenidos en este trabajo en los sitios de referencia son mayores a los obtenidos por Morelli (2014), que se encuentran en el rango 1.06 – 2.55 y son considerados buenos valores de diversidad por este autor. Otros valores de diversidad en la misma zona de estudio y para la misma época del año son los presentados por Arocena (2008), que en promedio fue de 2.88 en el mes de diciembre, y 2.85 en noviembre, valores similares a los presentados en este trabajo (Arocena, 2008; Morelli, 2014).

Los valores de riqueza obtenidos en este trabajo en los sitios de referencia (10 – 14 taxa), se asemejan a los reportados en la misma época por Arocena (2008). El promedio de géneros encontrados por estación fue entre 8.8 y 12.5. No obstante debemos tener en cuenta que la riqueza total anual estimada por los mismos autores en diferentes épocas del año es mayor (211 géneros) en los cuatros muestreos realizados a lo largo de todo un año; ello se explicaría por el reemplazo de especies del ensamble bentónico a lo largo del año (Arocena, 2008).

El patrón asintótico esperado en la curva de rarefacción indica que al aumentar el esfuerzo de muestreo no se encuentran nuevos grupos taxonómicos y que por lo tanto el esfuerzo de muestreo sería suficiente (Magurran, 2004). En este trabajo no se encontró dicho patrón, por lo tanto, el esfuerzo de muestreo debería haber sido mayor para asegurarnos que se colectaron todos los grupos presentes.

La composición taxonómica de los sitios de referencia, debe presentar organismos con valores óptimos altos y bajos valores de tolerancia para ser buenos indicadores de ambientes oligotróficos. Los valores de tolerancia de los distintos géneros de macroinvertebrados bentónicos, pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata y a la familia Simuliidae, son bajos, por lo tanto es esperable encontrar dominancia de organismos pertenecientes a estos órdenes y familias en los sitios de referencia (Chalar, 2011). Según los altos valores óptimos y bajos valores de tolerancia de los macroinvertebrados bentónicos, la presencia de organismos del género *Tricorythodes* (Ephemeroptera), *Hetaerina* (Odonata), *Paragryoptreyx* (Plecoptera), *Smicridea* y *Oyethira* (ambos pertenecen al orden Trichoptera) y *Simulium* (Díptera, familia Simuliidae) son buenos indicadores de calidad, esto se corresponde con sitios que presentan buenas condiciones de referencia (Dodds, 2002).

El género *Tricorythodes* se encuentra en el sitio SG y S, *Hetaerina* en SG, *Paragryoptreyx* en S, *Oyethira* en SL, *Smicridea* en SG, LC y SL, y *Simulium* en M, SG, P, y SL.

Dentro del orden Ephemeroptera, la familia Baetidae (Figura 14, Anexo V) se encuentra en aguas rápidas y asociada a la vegetación marginal, lo que implica

buenas condiciones de calidad y es la familia que mejor representada se encuentra en este estudio. El género *Americabaetis* se encontró en todos los sitios muestrados al igual que organismos pertenecientes a la familia *Simuliidae*, lo que indica buenas condiciones de calidad en los sitios para que estos organismos se desarrollen. (Dodds, 2002; Gooderham, 2002).

El orden *Plecoptera* se encuentra en aguas limpias, rápidas, bien oxigenadas, con escasa sedimentación y asociados a la vegetación. Los plecópteros son sensibles a la polución por lo que son útiles como indicadores ecológicos de calidad de agua. Las ninfas normalmente prefieren fondos pedregosos o bancos de arena y muchas veces se desarrollan únicamente bajo requerimientos importantes de temperatura, oxígeno disuelto, sustrato y grado de polución (Dominguez, 2009). La presencia de organismos de este orden es indicadora de buenas condiciones de referencia, lo que se refleja en los resultados obtenidos en los sitios de la zona serrana.

La familia *Gripopterygidae* es propia del hemisferio sur y las ninfas poseen un penacho de branquias anales filiformes, la concentración de oxígeno disuelto, el tipo de sustrato y la velocidad de la corriente condicionan su presencia y muchas veces la restringen a un determinado hábitat (Gooderham, 2002).

Los organismos pertenecientes al orden *Trichoptera* muestran sensibilidad a la polución y se asocian a la vegetación ribereña. Las larvas de la familia *Hydropsychidae* viven en arroyos y ríos de corrientes rápidas y construyen estuches fijos sobre el sustrato, la presencia de estas larvas es indicadora de buena calidad.

En el orden *Díptera*, los organismos pertenecientes a la familia *Simuliidae* (Figura 13, Anexo V) son utilizados en el biomonitorio y tests de toxicidad en estudios y diagnósticos de calidad de agua dada la sensibilidad que presentan a los contaminantes. Son filtradores, suspensívoros, por lo que se encuentran en ambientes con flujo de agua continuo y rápido, se ubican cerca de la superficie donde existe mayor cantidad de oxígeno, sobre hojas, ramas, o sustratos pedregosos libres de algas para poder fijarse (Dominguez, 2009).

Su desplazamiento es pasivo producido por la corriente y pueden evitar ser arrastrados manteniéndose por el hilo de seda o por la ventosa anal. Cuando llegan a su último estadio construyen un capullo con la seda secretada por las glándulas salivares que les servirá de refugio. Las pupas presentan en la parte anterior una serie de filamentos que son las branquias u órganos respiratorios (Dominguez, 2009).

Las ninfas de *Odonata* son utilizadas como indicadores ecológicos de calidad de agua, diferentes factores como la velocidad de corriente, oxígeno disuelto, temperatura, luminosidad, características del fondo y tipo de vegetación acuática

condicionan la presencia de ninfas en determinados hábitat. La familia Lestidae se caracteriza por vivir en cursos de agua lentos.

Dentro de los Coleópteros, las familias Elmidae y Psephenidae viven asociadas a aguas bien oxigenadas, estas familias se encuentran en los resultados obtenidos en este trabajo (Dominguez, 2009). Los Coleópteros son importantes en las redes tróficas aunque no alcanzan grandes densidades. La familia Elmidae por lo general vive en aguas corrientes de rápido movimiento con alto grado de oxígeno, ya que no toleran bajas concentraciones de oxígeno (Chalar, 1994; Dodds, 2002). Las larvas viven en el fondo del agua, sobre suelos arenosos, entre piedras y vegetación acuática. Respiran por medio de branquias anales y la mayoría son depredadoras. La familia Halpidae vive en arroyos de escasa corrientes y remansos, prefieren aguas superficiales y con abundante vegetación.

En este estudio se encontraron buenos valores del índice EPT, en su mayoría mayores al 50 e incluso al 70%, mayores a los encontrados por (Pacheco, 2012) en la cuenca de Paso Severino (Florida).

Los ambientes oligotróficos, que son los esperados encontrar en sitios de referencia se caracterizan por tener una baja abundancia y riqueza media de especies, poca producción primaria y una alta diversidad de especies, esperando encontrar especies intolerantes a la contaminación. Generalmente cuando aumenta es estado trófico del ambiente disminuye la riqueza de especies intolerantes a la contaminación como lo son Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros (Dodds, 2002).

La zona ribereña presenta buenos valores de integridad en general, algunos tramos muy buenos valores que coinciden con los de menor cantidad de nutrientes, otros tramos tienen calidad intermedia y un único arroyo presenta signos de alteración claramente identificables que es el arroyo LC.

La hipótesis planteada en este trabajo se cumplió ya que los sitios de referencia caracterizados presentan buenos valores de diversidad, bajos valores de nutrientes y una buena calidad de la zona ribereña.

Los objetivos específicos planteados se cumplieron, a pesar de que los resultados obtenidos para los sitios muestreados no todos presentan condiciones de referencia, por lo tanto, el objetivo general no se cumplió en su totalidad.

Frente a la importancia de la utilización de sitios de referencia en la evaluación de la calidad de ecosistemas fluviales, sería una herramienta útil en los estudios a realizarse en nuestro territorio. El desarrollo de esta propuesta obtuvo información (valores de calidad y diversidad en la zona de estudio) que puede ser útil para la gestión de recursos hídricos del país, para mejorar su calidad y poder preservarlos. Esta información puede ser utilizada para la construcción de bases de datos de

biodiversidad y también como información de línea de base que puede servir de insumo en estudios de impacto ambiental, sobre los cuales pueden compararse los sitios alterados y estimar el grado de perturbación con respecto a los sitios de referencia, identificando posibles objetivos de conservación y restauración.

CONCLUSIÓN.

Analizando el objetivo planteado en este trabajo, podríamos decir que de los sitios muestreados cinco presentan condiciones claramente de referencia. Los tres sitios pertenecientes al grupo I (S, P y SL) ubicados en la zona serrana y dos sitios del grupo II (G y M).

Los sitios de referencia se caracterizan por ser sitios oligo-mesotróficos con concentraciones de PT menores a 71 $\mu\text{g/L}$, con presencia de bosque ribereño con una integridad ribereña mayor al 70%, buena calidad de agua según el ICA- Santa Lucía, buena oxigenación, alta abundancia relativa de organismos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera y alta diversidad.

BIBLIOGRAFÍA.

- Arocena R., C. G. (2008). *Evaluación ecológica de cursos de agua y monitoreo, informe final*. Montevideo: Convenio de cooperación técnica y científica Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, DINAMA y Universidad de la República, Sección Limnología.
- Barbour M. T., S. W. (2000). Measuring the attainment of biological integrity in the USA: a critical element of ecological integrity. *Hydrobiologia*, 422/423, 453-464.
- Chalar G. (1994). Composición y abundancia del zoobentos del Arroyo Toledo (Uruguay) y su relación con la calidad de agua. *Revista Chilena de Historia Natural*, 67, 129-141.
- Chalar, G. A. (2011). Trophic assessment of stream in Uruguay: A Trophic State Index for Benthic Invertebrates (TSI-BI). *Ecological Indicators*, 11, 362-369.
- Chu H. F. (1949). How to know the immature insects. *W.M. C. Brown Company Publishers*.
- Clarke R. T., W. J. (2003). RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality for rivers. *Ecological Modelling*, 160, 219-233.
- De Castellanos Z. A. (1992). Fauna de agua dulce de la República Argentina. Volumen 34, Insecta Odonata. Fascículo 1.
- DINAMA. (2009). *Informe Nacional del Estado del Ambiente - Uruguay 2009*. Montevideo.
- Dodds W.K. (2002). *Freshwater Ecology and Environmental Applications*. Aquatic Ecology Series. Academic Press.
- Dominguez E., F. H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lilo.
- Feio M. J., N. R. (2009). Water quality assessment of Portuguese streams Regional or national predictive models? *Ecological Indicators*, 9, 781-806.
- Giller P. (1996). The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. *Papers Biodiversity & Conservation*, 5 (2), 135-168.
- Gooderham J., T. E. (2002). *The Waterbug Book. A Guide to the Freshwater Macroinvertebrates of Temperate Australia*. Csiro Publishing.
- Haase P., L. S. (2004). Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: development of a practical standardised protocol for macroinvertebrate sampling and sorting. *Limnologia*, 34, 349-365.
- Hargett E. G., Z. J. (2007). Development of a RIVPACS-type predictive model for bioassessment of wadeable streams in Wyoming. *Ecological Indicators*, 7, 807-826.
- Hawkins C. P., N. R. (2000). Development and evaluation of predictive models for measuring the biological integrity of streams. *Ecological Applications*, 10, 1456-1477.
- Herbst D. B., S. E. (2006). Comparison of the performance of different bioassessment methods: similar evaluations of biotic integrity from separate programs and procedures. *Am. Benthol. Soc.*, 25, 513 – 530.
- Hughes D. (2007). Stream Biotic Health and Land Cover in the Soque River Watershed.
- Hughes D. L., B. M. (2010). *Rapid Bioassessment of Stream Health*. CRC Press.
- Lloyd J., C. S. (2002). Australia-Wide Assessment of River Health: Northern Territory AusRivAS Sampling and Processing Manual, Monitoring River Health Initiative Technical Report no 19, Commonwealth of Australia and Department of Lands, Planning and Environment.
- Lopretto E. C., T. G. (1995). *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*. (Vols. Tomo I, II Y III). Ediciones Sur.
- Magurran A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd.

- Martins Costa J., I. D. (2004). Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: Comentários e registros bibliográficos. (Insecta, Odonata). *Publicações avulsas do Museu Nacional.*, Número 99.
- Mazor R. D., P. A. (2009). Long- Term Variability in Bioassessments: A Twenty – Year Study from Two Northern California Streams. *Environmental Management*, 43, 1269 – 1286.
- Morelli E., V. A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 1160 - 1170.
- Moreno P., F. J. (2009). Use of the BEAST model for biomonitoring water quality in neotropical basin. *Hydrobiologia*, 630, 231-242.
- Munné A., P. N. (2003). A simple field method for assessing the ecological quality of ribereñan habitat in rivers and stream: QBR index. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst*, 13, 147- 163.
- Omernik, J. (1995). Ecoregions: a spatial framework for environmental management. En *Biological assessment and criteria: tools for water resources planning*. (págs. 49-62). W.S. Davis and T.P. Simon, editors. CRC Press, Inc.
- Pacheco J.P., A. R.-P. (2012). Evaluación del estado trófico de arroyos de la cuenca Paso Severino (Florida, Uruguay) mediante la utilización del índice biótico TSI-BI. *AUGMDOMUS*(4), 80-91.
- Petersen Jr. R. C. (1992). The RCE: a Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology*, 27(2), 295 – 306.
- Segnini S. (2003). El uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16(2), 45-63.
- Standard Methods. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: APHA/AWWA/WPCF.
- StatSoft Inc. (2007). *STATISTICA (data analysis software system) versión 8.0.*, Obtenido de www.statsoft.com
- Thuiller W. (2010). Variation in habitat suitability does not always relate to variation in species' plant functional traits. *Biol. Lett.* 6, 120–23
- Tilman D. & Lhemann C (2001). Human-Caused Environmental Change: Impacts on Plant Diversity and Evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 98 (10), 5433-5440
- U.S. EPA. (1996). *Biological criteria: technical guidance for streams and small rivers*. . Washington, D.C: Revised edition. EPA-822-B-96-001. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.

ANEXO I.

Cuestionario RCA (adaptado)

FECHA: ESTACIÓN No ENCUESTADOR:
HORA: ARROYO SITIO:

Determine las condiciones del canal del arroyo y zona ribereña desde el centro del tramo escogido hasta 25 m aguas arriba y otro tanto aguas abajo. Estime las condiciones promedio dentro de este segmento y seleccione una de las opciones de valoración para cada característica.

1. Uso del suelo inmediato al final de la zona ribereña
 - No perturbada. Domina el monte, bañados naturales, pastos naturales,.....30
 - Pasturas permanentes, mezcladas con lotes de monte o árboles o bañados o poca sup. de cultivos.....20
 - Mezcla de cultivos y pasturas.....10
 - Dominan los cultivos.....1

1. Ancho de la zona ribereña desde el borde del agua hasta el comienzo del campo
 - De tipo bañado o monte ≥ 30 m de ancho ... 30
 - entre 5 y 30m de ancho.....20
 - entre 1 y 5m de ancho.....5
 - Zona ribereña no diferenciada1

3. Integridad de la zona ribereña
 - Zona ribereña intacta sin cortes en la vegetación.....30
 - Con cortes a intervalos $>$ a 50m..... 20
 - Con cortes frecuentes, algunos canales y/o afloramientos rocosos cada 50m...5
 - Muy destruida con canales y/o afloramientos rocosos todo a lo largo.....1

- 4- Vegetación de la zona ribereña hasta 10m del borde del agua
 - $> 90\%$ formada por árboles o arbustos no pioneros o plantas nativas de bañados.....25
 - Mezcla de plantas pioneras a lo largo del canal con árboles maduros detrás..... 15
 - Mezcla de vegetación de pastizal con algunos árboles pioneros y/o especies de arbustos...5
 - Predominan ampliamente los pastizales y algunos arbustos dispersos.....1

- 5- Objetos atravesados en el canal
 - Canal con rocas y viejos troncos firmes en su lugar..... 15
 - Rocas y troncos presentes pero sin ser rellenados con sedimentos....10
 - Objetos atravesados sueltos, que se mueven con la corriente.....5
 - Muy pocos objetos en el canal, fondo de arena y limos sueltos.....1

- 6- Sedimentos del canal
 Poco o nada de sedimentos
 acumulados.....15
 Algunas barreras de grava o piedras grandes y restos vegetales bien lavados,
 poco limo....10
 Barreras de de rocas, arena y limo
 frecuentes.....5
 Canal dividido en brazos o
 canalizado.....1
- 7- Orillas del cauce
 Orillas estables de rocas y tierra firme con pasto y raíces de
 árboles.....25
 Orillas firmes pero sostenidas exclusivamente por pastos y
 raíces.....15
 Orillas formadas por tierra suelta con parches de pastos y
 raíces.....5
 Orillas inestables, de tierra suelta o arena
 floja.....1
- 8- Sustrato de piedras o piedras del arroyo (no importa que sean artificiales)
 Piedras límpidas, redondeadas y sin bordes cortantes pueden ser
 negruzcas.....20
 Piedras sin puntas o bordes cortantes cubiertas con arena y limo, poco
 musgo.....10
 Piedras cubiertas de musgo o algas filamentosas o
 limo.....1
- 9- Fondo con piedras de varios tamaños con intersticios
 obvios.....25
 Fondo con piedras fácilmente movibles con poco
 limo.....15
 Fondo de limo, grava y arena estable en su
 lugar.....5
 Fondo uniforme de arena y limo sin sustrato de
 piedras.....1
- 10- Rápidos y pozas
 Distinguibiles a intervalos de 5-7 veces el ancho del
 canal.....25
 Irregularmente
 espaciados.....20
 Largas pozas separadas por pequeños rápidos, meandros
 ausentes.....10
 Meandros y rápidos/pozas ausentes o cauce
 canalizado..... 1
- 11- Vegetación acuática
 Cuando presente consiste en musgo y parches con
 algas.....20

Las algas dominan en las pozas, plantas vasculares en las orillas.....10
Las algas cubren el fondo, las plantas vasculares dominan el canal1

12- Peces

Hay peces.....5
No hay peces.....1

13- Detritos

Formados por hojas y restos leñosos sin sedimentos.....20
Hojas y restos leñosos escasos, flóculos orgánicos finos sin sedimentos.....10
Sin hojas ni restos leñosos, MOP gruesa y fina con sedimentos.....5
Finos, anaeróbicos, sin detritos gruesos.....1

Cuestionario Índice QBR.

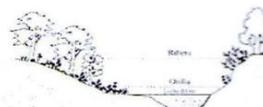


ÍNDICE QBR

PROYECTO: Caracterización del Río Grande de Málaga

Río:	Localidad:	Observaciones:	En caso afirmativo ver al dorso
Fecha:	Observador:		

Calificación de la zona de ribera de los ecosistemas fluviales.



La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25.

Grado de cubierta de la zona de ribera

Puntuación bloque 1

Puntuación:	
25	>80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	<10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25 y 50%
-10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación bloque 2

Puntuación:	
25	Cobertura de los árboles superior al 75 %
10	Cobertura de los árboles entre el 50 y 75 %, o cobertura de los árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	Cobertura de los árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10 %
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y la de árboles con sotobosque
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre más del 50 %
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50 %

Calidad de la cubierta (véase, la determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera)

Puntuación bloque 3

Puntuación:		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	>1	>2	>3
10	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles y arbustos autóctonos	-	1	1-2
0	Sin árboles autóctonos			
+10	Si existe una continuidad de la comunidad a lo largo del río como mínimo 3 m de ancho, uniforme y ocupando más del 75 % de la ribera			
+5	Si existe una continuidad en la comunidad a lo largo del río (entre el 50 y el 75 % de la ribera)			
+5	Si existe una disposición en bandas paralelas al río			
+5	Número de especies de arbustos	>2	>3	>4
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre			
-5	Si existe alguna especie de árbol introducida (alóctona)* aislada			
-10	Si existen especies de árboles alóctonas* formando comunidades			
-10	Si existen vertidos de basuras			

Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación bloque 4

Puntuación:	
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de lateración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)	

*Especies frecuentes y consideradas alóctonas: *Populus deltoides* (chopo de Virginia), *Populus x canadensis* (chopo de Canadá), *Populus nigra* var. *pyramidalis* (álamo de Italia), *Salix babylonica* (sauce llorón), *Ailanthus altissima* (ailanto), *Celtis australis* (almez), *Robinia pseudoacacia* (robinia), *Platanus x hispanica* (plátano), *Nicotiana* sp., *Castanea sativa*, *Arundo donax*, *Ficus* sp., *Ceratonia siliqua* y árboles frutales.

PROYECTO: Caracterización del Río Grande de Málaga

Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera.

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda de la orilla, y sumar restar según los otros dos apartados.

<i>Tipos de desnivel de la zona de ribera</i>		Puntuación	
		<i>Izquierda</i>	<i>Derecha</i>
Vertical/cóncavo (pendiente >75°), con una altura no superable por las máximas avenidas		6	6
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)		5	5
Pendiente de entre 45 y 75°, escalonado o no. La pendiente se mide con el ángulo formado por la horizontal y la recta que enlaza la orilla con el último punto de ribera $\Sigma a > \Sigma b$		3	3
Pendiente de entre 20 y 45°, escalonado o no $\Sigma a > \Sigma b$		2	2
Pendiente < 20°, ribera uniforme y llana		1	1
<i>Existencia de una isla o islas en medio del lecho del río</i>		Puntuación	
Anchura conjunta: a > 5 m		- 2	
Anchura conjunta: a entre 1 y 5 m		- 1	
Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para que enraíce en él una masa vegetal permanente		No se puede medir	
>80 %		+ 6	
60-80%		+ 4	
30-60%		+ 2	
20-30%			
Puntuación total del tipo geomorfológico:			
<i>Tipo geomorfológico según la puntuación</i>			
> 8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera	
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con potencialidad intermedia para soportar una zona con vegetación, tramo medio de los ríos	
< 5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso	

PUNTUACIÓN FINAL QBR:

NIVEL DE CALIDAD	QBR	Color representativo
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

ANEXO II.

Abundancia de macroinvertebrados bentónicos por réplica.

	G1	G2	G3	M1	M2	M3	SG1	SG2	SG3	LC1	LC2	LC3	S1	S2	S3	P1	P2	P3	STL1	STL2	STL3
CLASE INSECTA																					
Orden Ephemeroptera																					
FAMILIA BAETIDAE																					
Género Americabaetis	7	216	130	7	11	42	27	48	7	27	30	53	90	29	66	221	50	15	14	11	56
Género Baetodes																7	4				5
FAMILIA																					
LEPTOPHLEBIIDAE																					
Género Hagenulopsis		3	2	3	1		4		3	1											
FAMILIA																					
LEPTOHYPHIDAE																					
Género Leptohyphodes		3																			
Género Tricorythodes								18					8								
FAMILIA CAENIDAE																					
Género Caenis	1		1				20	43	29	27	35	25	11	26	21	2	1	6	12	15	7
Orden Diptera																					
FAMILIA																					
SIMULIIDAE																					
Género Gigantodax	3	48	10	4	3	9		1	5	5	9	6	2	10	16	42	35	5	12	10	30
Género Simulium				3					1							1		1	1		
FAMILIA																					
CHIRONOMIDAE																					
Sub familia	1	3					1	3		1			1		4				1	1	1
Tanypodinae (pupas)																					
Sub familia																					
Tanypodinae (larvas)																					
Género Larsia	1		17	1	38	11	15	49	34	22	8	40	13	12	59			6	18	45	30
Género Denopelopia															7						
Género Coelotanypus												10									
Sub familia Diamesinae (pupas)					5				1												
FAMILIA																					
PSYCHODINAE																					
Género Nematocera																				1	
Orden Coleoptera																					
FAMILIA ELMIDAE																					
Género Cylloepus		2		3	1	6	1		2		10	2	2		2					1	
FAMILIA																					
DYTISCIDAE																					
Género Napodytes		1																			
FAMILIA																					
HALIPLIDAE																					
Género Haliplus (adulto)																					1
FAMILIA																					
LAMPYRIDAE (larvas)																					
Género Lampyris					1		4		2				2								
FAMILIA																					
CURCULIONIDAE (adultos)																					
FAMILIA																					
PSEPHENIDAE																					
Género Phenepe (larva)																					2
FAMILIA																					
CHRYSOMELIDAE																					
Orden Trichoptera																					
FAMILIA																					
HYDROPTILIDAE																					
Género Metrichia (larvas)						1							1	1	1	8	1	2	3		15
FAMILIA																					
HYDROPSYCHIDAE																					
Género Smicridea							1			1	12	4									2
FAMILIA																					
CALAMOCERATIDAE																					
Género Calamocerata	1																				
FAMILIA																					
STENOPSYCHIDAE																					
Género Stenopsycha				1	1					1											3
FAMILIA																					
HELICOPHIDAE																					
Género Helicophis																					
Orden Odonata (larvas)																					
Sub orden Zygoptera																					
FAMILIA LESTIDAE																					
Género Lestes								2		3											

Género Lestes				1					2	3			1						
FAMILIA																			
CALOPTERYGIDAE																			
Género																			
Hetaerina/Mnesarete																			
FAMILIA																			
COENAGRIONIDAE																			
Género Argia																			
Género Nehalenia																			
Género Acanthagrion																			
Sub orden Anisoptera																			
FAMILIA																			
LIBELLULIDAE																			
Sub familia Corduliinae																			
Género Peithemis																			
Género Libellula																			
FAMILIA																			
GOMPHIDAE																			
Género Progomphis																			
Orden Hemiptera																			
FAMILIA																			
GELASTOCORIDAE																			
Género Nerthra																			
FAMILIA																			
BELOSTOMATIDAE																			
Género Belostoma																			
FAMILIA																			
NOTONECTIDAE																			
Género Martarega																			
FAMILIA																			
HELOTREPHIDAE																			
Género Neotrepes																			
FAMILIA																			
POTAMOCORIDAE																			
Género Potamocoris	1																		
Orden Plecoptera																			
FAMILIA																			
GRIPOPTERYGIDAE																			
Género Paragripopteryx																			
Género Falkandoperla																			
Género Antarctoperla																			
FAMILIA																			
NOTONEMOURIDAE																			
Género Neofulla																			
(ninfas)																			
Orden Homoptera																			
CLASE CRUSTACEA																			
FAMILIA																			
HYALELLIDAE,																			
Género Hyalella, H.																			
Curvispina spp																			
FAMILIA	1	4	14																
PALAEEMONIDAE,																			
Género Paleomonetes																			
FAMILIA AEGLIDAE,																			
Género Aegla																			
CLASE																			
GASTEROPODA																			
FAMILIA	1	4																	
HYDROBIIDAE,																			
Género Helobia																			
FAMILIA																			
ANCYLIDAE																			
Género Habetancylus																			
Género Anysancylus																			
Género Gundlachia																			
FAMILIA																			
PLANORBIDAE																			
Género Plesiophysa																			
Género Antillorbis																			
FAMILIA																			
AMPULLARIIDAE,																			
Género Pomacea																			
CLASE BIVALVIA																			
FAMILIA	4	2																	
CORBICULIDAE,																			

Género Corbicula
CLASE HIRUDINEA

FAMILIA	1	2	27	6	2	1
GLOSSIPHONIIDAE						

CLASE
OLIGOQUETA

Familia Narapidae	2					
-------------------	---	--	--	--	--	--

ÁCARO, Familia		1				
----------------	--	---	--	--	--	--

Hydrachnidae

ANEXO III.

		Guaycurú	Mahoma	La Cruz	S.Geronimo	VªSerrana	Penitente	SªLucía
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	3	1	1	5			2
<i>Terminalia australis</i>	Palo amarillo	2				6		1
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	Guayabo col.	1		2				
<i>Styrax leprosum</i> o <i>Azara uuguayensis</i>		1						
<i>Scutia buxifolia</i>	Coronilla	1						
<i>Celtis tala</i>	Tala	1						
(opuestas)		1						
<i>Myrceugenia glaucescens</i>	Murta		4				3	
<i>Ocotea acutifolia</i>	Laurel		3					
<i>Myrsine laetvirens</i>	Canelón		3					
??			2					
<i>Pouteria salicifolia?</i>	Mata ojos			1				
(verticilos x 3? Enteras)				1				
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Blanquillo							1
<i>Schinus longifolius</i>	Molle rastrero							1
<i>Schinus lentiscifolios</i>	Molle ceniciento							3
<i>Patagonula americana</i>	Guayubira					1		
<i>Lithraea brasiliensis</i>	Aruera				4			
<i>Escallonia megapotamica</i>	Pititos					2		
<i>Colletia paradoxa</i>	Espina de la cruz							1
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Arrayán					2	2	
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>								1
<i>Acanthosyris spinescens</i>	Quebracho					1		
??							2	
(verticilos, subopuestas, enteras)						2		
(opuestas enteras sésiles)						1		
(filiformes punzantes)								1

ANEXO IV

Imágenes sitios muestreados.



Figura 6. Tramo Guaycurú.



Figura 7. Tramo Mahoma.



Figura 8. Tramo San Gerónimo.



Figura 9. Tramo La Cruz.



Figura 10. Tramo Serrana.



Figura 11. Tramo Penitente.



Figura 12. Tramo Santa Lucía.

ANEXO V

Imágenes macroinvertebrados bentónicos.



Figura 13. Familia Simuliidae, a) larva y b) pupa.



Figura 14. Género Americabaetis.

