

**Programa de Vinculación
Universidad – Sociedad y Producción (VUSP) Proyectos
Co-financiados (Modalidad 1)**

CONVENIO UDELAR (Facultad de Ciencias) - UTE

Título del Proyecto:

“*Limnoperna fortunei* (mejillón dorado) en las presas y embalses del Río Negro, grado de invasión y aplicación de métodos de control mecánico”

CONVENIO UDELAR (Facultad de Ciencias) - UTE

En la ciudad de Montevideo a los 19 días del mes de mayo de 2017, **ENTRE :**
POR UNA PARTE la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE) representada por los Sres. Dr. Ing. Gonzalo Casaravilla y Cr. Carlos Pombo, en su respectivas calidades de Presidente de Directorio y Gerente General, constituyendo domicilio en la calle Paraguay 2431, Noveno Piso, Secretaria General, y **POR OTRA PARTE:** la Universidad de la República representada por Dr. Roberto Markarian y la Facultad de Ciencias representada por su Decano Dr. Juan Cristina, constituyendo domicilio en la calle Iguá 4225 de esta ciudad, denominada cada una como “la Parte” y en su conjunto como “las Partes”, se conviene la suscripción del siguiente convenio.

PRIMERO: ANTECEDENTES Y MOTIVACION.-

Como se detalla con mayor precisión en el punto 1 del anexo: “Proyecto de Investigación” (en adelante Anexo Proyecto), **“*Limnoperna fortunei* (mejillón dorado) en las presas y embalses del Río Negro, grado de invasión y aplicación de métodos de control mecánico”**

SEGUNDO: OBJETO: De acuerdo a lo especificado en el punto 3 del Anexo Proyecto, el objetivo general del proyecto es: “Incrementar el conocimiento sobre el estado de situación del grado de invasión del mejillón dorado en el sistema de presas y embalses del Río Negro, así como analizar la viabilidad (ambiental, logística y económica) de aplicación de métodos de control mecánico en los sistemas de enfriamiento de las unidades de generación hidráulica, de forma de mitigar el riesgo de indisponibilidad de las unidades por esta causa”.

Para lograr este objetivo general, la propuesta plantea el desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

Grado de invasión, sub-sistema artificial.

- Determinar el grado actual de invasión de estadios bentónicos de *Limnoperna fortunei* en las presas del Sistema de embalses del Río Negro (SERN).

[Handwritten signatures and initials on the left margin]

- Establecer el ciclo larval del mejillón dorado en las presas del SERN y su relación con variables ambientales (temperatura) o manejo (uso de sistemas de enfriamiento, volumen, otras).
- Identificar en las presas del SERN los sitios factibles de aplicación de estrategias integradas de control del mejillón dorado.

Grado de invasión, sub-sistema natural.

- Determinar el comportamiento larval del mejillón dorado y su relación con variables ambientales y de manejo hidráulico en el SERN.
- Determinar el grado de invasión y características poblacionales de los estadios bentónicos del mejillón dorado en el SERN.

Viabilidad de métodos mecánicos de control.

- Analizar la viabilidad técnica de instalar filtros mecánicos en los sistemas de enfriamiento considerando aspectos ambientales.

Los estudios que serán desarrollados por la Facultad de Ciencias (Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Sección Oceanografía y Ecología Marina), deberán efectuarse en estrecha coordinación con las Unidades correspondientes de UTE.

TERCERO: MODALIDAD DE EJECUCION.- Las Partes convienen en ejecutar el Convenio de la siguiente forma:

Cada Parte designa en este acto a sus respectivos representantes y suplentes. El representante por Facultad de Ciencias que actuará como coordinador de los trabajos que a ser ejecutados por la Facultad de Ciencias será el Msc. Ernesto Brugnoli, el representante de UTE será la Lic. Magdalena Mandiá Bica y de la Universidad de la República la Pro-rectora de Investigación y Presidente de la Comisión Sectorial de Investigación Científica, Dra. Cecilia Fernández.

Será responsabilidad de los representantes mantener una estrecha coordinación técnica durante la realización de los estudios, de modo de asegurar una completa compatibilidad de los resultados de los trabajos objeto de esta contratación. Al respecto durante el primer año se realizarán muestreos de larvas en instalaciones de la presa (sistemas de enfriamiento y/o similar) por parte de funcionarios de UTE y su posterior envío hacia Montevideo para su análisis. Para la colecta de muestras se realizará por parte de Facultad de Ciencias la capacitación previa. Adicionalmente se facilitará por parte de UTE los registros de temperatura de los diversos sistemas de enfriamiento analizados en las centrales del Sistema de Embalses del Río Negro (SERN).

Será responsabilidad de la Facultad de Ciencias, disponer de los medios logísticos (Transporte, Alojamiento durante las salidas de campo, Embarcación, Equipos de muestreo y medición, Reactivos, Conservación de muestras, etc) necesarios para llevar adelante el proyecto. Igualmente será responsabilidad de los técnicos de Facultad de Ciencias la capacitación a Técnicos de UTE para la colecta de muestras de agua en los sistemas de enfriamiento de las centrales del SERN.

Será responsabilidad de UTE, realizar las gestiones y/o coordinaciones necesarias para la adquisición, préstamo o figura administrativa que se acuerde, del equipo de filtros mecánicos a ser utilizados en el sistema de enfriamiento, durante la ejecución de la presente propuesta. El proyecto no incluye transporte, instalación, mantenimiento y desinstalación del mismo en el sistema de enfriamiento durante la determinación de la "viabilidad de aplicación de estrategias de control mecánico".

Las modalidades de intercambio y comunicación de resultados intermedios y finales se especifican en los puntos 9 y 10 del anexo Proyecto. En dicho anexo también se detallan otros aspectos vinculados a la estrategia de investigación (punto 4) personal asignado (punto 5), cronograma, etapas del proyecto y entregables (punto 7).

CUARTO: COTIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS. La cotización se realiza en base a las horas hombre de dedicación estimadas en el plan de trabajo que figura en punto 5 del anexo Proyecto, teniendo en cuenta el Grado de los especialistas que participarán en el estudio y según los costos salariales provenientes de la "Escala Salarial de la Universidad de la República", vigencia Enero 2016.

QUINTO: MONTO DEL CONVENIO. La suma de la totalidad de los pagos no superará los \$1.887.900 (pesos uruguayos).

Esto incluye: remuneraciones de los investigadores (\$ 1.365.900), gastos asociados al trabajo de campo (\$ 350.000) y aporte a la Comisión Sectorial de Investigación Científica (\$ 172.000)

SEXTO: AJUSTE DE PRECIOS. Los pagos tendrán un ajuste anual en base a la variación del IPC. El primer ajuste se producirá a los seis meses de iniciadas las actividades. Los períodos de ajuste comenzarán en la última fecha entre 12 meses antes de la fecha del ajuste o bien julio de 2016.

SEPTIMO: FORMA DE PAGO. UTE abonará el precio por los productos efectivamente contratados de la siguiente forma:

- 1er desembolso 30% como adelanto en el momento de aceptarse la propuesta
- 2do desembolso 20% con la entrega y aprobación por UTE del Informe parcial 1 (Objetivo 3.1.1)
- 3er desembolso 30% con la entrega y aprobación de UTE del Informe parcial 2 (Objetivo 3.1.2)
- 4to desembolso 20% al recibir el producto terminado y aprobado por UTE, Informe Final (Incluyendo Objetivo 3.2.1)

El pago se realizará por transferencia bancaria a la cuenta del

Banco de la República Oriental del Uruguay

Cuenta Corriente en Pesos Uruguayos

Denominada: Facultad de Ciencias – Fondo Rotatorio

Número de Cuenta: N° 179-002484-6

OCTAVO: INICIO DE ACTIVIDADES. En forma previa al inicio de las actividades, se deberá contemplar la necesidad de realizar charlas en UTE para la transmisión de los criterios y pautas que los estudios deberían considerar.

NOVENO: PROPIEDAD INTELECTUAL. Para el caso de que en cualquiera de las tareas a que se refiere este convenio se produjera un descubrimiento o resultase una invención que pudiera dar lugar a una patente de invención, a un modelo o diseño industrial o a una patente de modelo de utilidad, la titularidad corresponderá a ambas partes en régimen de condominio. El régimen de condominio implica que ninguna de las partes contratantes puede utilizar la patente sin el consentimiento de la otra. Oportunamente se acordará la participación de cada parte en el registro de la patente así como en los resultados económicos que se obtengan en la explotación de los derechos de propiedad intelectual.

DECIMO: CESION. Los derechos y obligaciones establecidos en el presente convenio no podrán ser transferidos a terceros, salvo expreso acuerdo de las Partes, condición indispensable para su realización.

UNDECIMO: CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR. Las Partes quedan exentas de responsabilidad en el cumplimiento de este convenio cuando se den situaciones de caso fortuito o fuerza mayor, entendiéndose por tales a las resultantes de eventos imprevisibles, inevitables e irresistibles.

La Parte que invoque la existencia de una causal de fuerza mayor para eximirse de responsabilidad, deberá comunicar a la contraparte la configuración de la causal invocada en un plazo no superior a las 96 (noventa y seis) horas de ocurrido el evento. En caso contrario, se la tendrá por desistida.-

DUODECIMO: CONFIDENCIALIDAD. Se considerará confidencial la información que las partes conozcan como consecuencia de la ejecución del presente Convenio, o que deba entenderse confidencial por su naturaleza. Ninguna información confidencial será revelada a ningún tercero sin el consentimiento expreso de la otra parte. Esta obligación de confidencialidad no se aplicará a aquella información que esté o que llegue a estar a disposición del público en general, de una forma que no pueda considerarse una violación evidente al espíritu de la cláusula. Tampoco será aplicable en aquellos casos en los que existe la obligación jurídica o funcional de informar, o cuando se haya tenido conocimiento previamente a la firma de este convenio o por razones ajenas a la ejecución del mismo deba ser revelada por mandato judicial, de autoridad legal competente.

DECIMO TERCERO: MODIFICACIONES.- De común acuerdo entre las partes podrán introducirse modificaciones al presente Convenio incluso respecto a su objetivo y duración.

DECIMO CUARTO: MORA.- Las Partes caerán en mora de pleno derecho por el solo vencimiento de los términos estipulados.

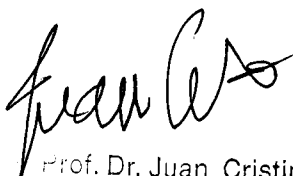
DECIMO QUINTO: LEY Y JURISDICCIÓN.- Este convenio se rige por la ley uruguaya y serán competentes para intervenir en toda controversia derivada de la ejecución del mismo los Tribunales de Montevideo de la República Oriental del Uruguay.

DECIMO SEXTO: DOMICILIOS ESPECIALES.- A todos los efectos derivados del presente Convenio, las Partes fijan como domicilios especiales los indicados como suyos en la comparecencia, quedando establecida la plena validez de toda comunicación realizada por cualquier medio idóneo.

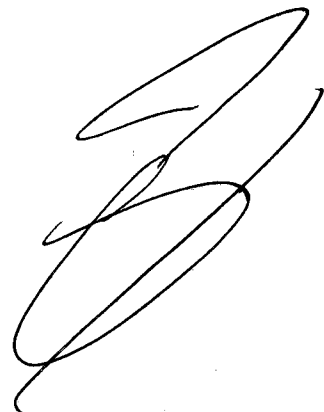
En señal de conformidad, previa lectura de las partes, se firman dos ejemplares originales del mismo tenor en el lugar y fecha arriba indicados.

DECIMO SEPTIMO: PROYECTO.- El Anexo PROYECTO DE INVESTIGACIÓN forma parte integral del presente convenio.


Dr. ROBERTO MARKARIAN
RECTOR


Prof. Dr. Juan Cristina
Decano





**ANEXO:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“*Limnoperna fortunei* (mejillón dorado) en las presas y embalses del Río Negro, grado de invasión y aplicación de métodos de control mecánico”

1. Fundamentación y antecedentes

Limnoperna fortunei (Dunker 1857), comúnmente conocido como mejillón dorado, es una especie de mitilido invasor en la cuenca del Plata, originaria de los sistemas de agua dulce del sureste de China (Darrigran 2002). Fue introducido accidentalmente a la región de la Cuenca del Plata en 1991 por medio de agua de lastre (Darrigran & Pastorino 1995). Debido a los efectos ecológicos ocasionados en los ecosistemas acuáticos invadidos, así como los gastos generados en las infraestructuras humanas afectadas, actualmente se considera como especie invasora acuática y una problemática ambiental a nivel regional (Darrigran 2002).

En Sudamérica fue reportado por primera vez en la costa del Río de la Plata, provincia de Buenos Aires (Pastorino *et al.* 1993). Hasta la fecha ha presentado un rápido ascenso por la cuenca del Plata (tasas de avance regional de 250 km año^{-1}), invadiendo los grandes ríos (Río de la Plata, Uruguay, Paraná, Paraguay, Tiete), sistemas hídricos menores en las cuencas de Guaíba, Tramandaí (SE-Brasil), Laguna de los Patos-Merín (Brasil-Uruguay) y Mar Chiquita (Argentina-central) (Oliveira *et al.* 2015). Actualmente la especie se encuentra presente en cinco países de América del Sur: Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay y Uruguay (Figura 1). En Uruguay se registró por primera vez en 1994 en zonas costeras del Río de la Plata (Scarabino & Verde 1995) presentando actualmente una amplia distribución en las cuencas del Río de la Plata, Río Negro, Uruguay, Santa Lucía y Laguna Merín (Brugnoli *et al.* 2005, Langone 2005, Oliveira *et al.* 2015), así como en la Laguna del Sauce (Morrone *et al.* 2013).

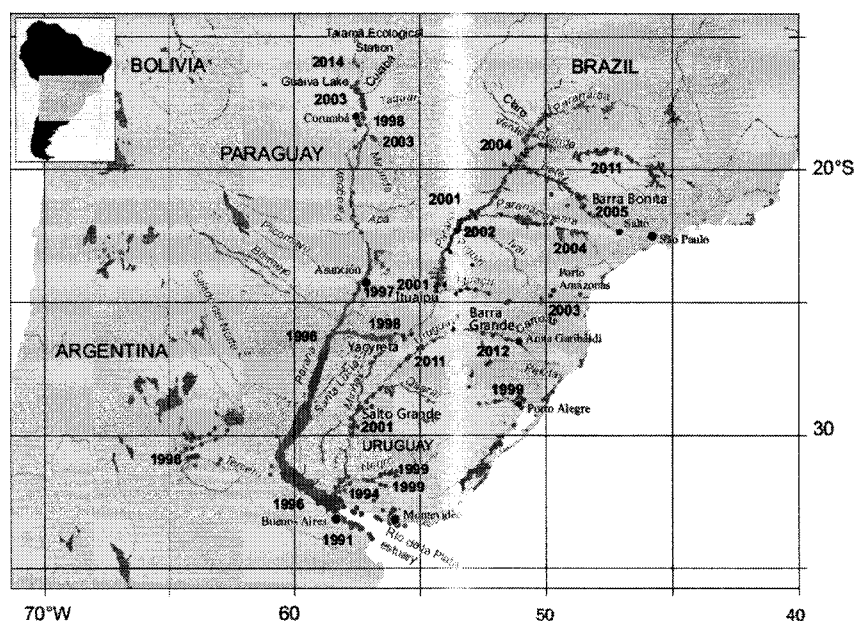


Figura 1. Distribución actual de *Limnoperna fortunei* en América del Sur, indicando primeros reportes en diversos sistemas hídricos (Tomado de Oliveira *et al.* 2015).

Es una especie dioica que presenta fecundación externa y desarrollo indirecto, con presencia de estadios larvales de vida libre (Darrigran & Pastorino 1995, Cataldo & Boltoskoy 2000, Darrigran 2002). Durante su fase bentónica (juveniles y adultos), presenta un comportamiento epifaunal y gregario (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000). En la región se reporta en diversos sistemas de agua dulce (grandes ríos, arroyos, embalses, lagunas) y/o salobres (ej.: estuario Río de la Plata) en zonas con salinidades no mayores a 3 (Brugnoli *et al.* 2005). Desde su ingreso a la región, se la encontró asociada a diversos sustratos consolidados naturales y artificiales, incrementando sus abundancias poblacionales, ocasionando modificaciones en las comunidades bentónicas, en los hábitos alimenticios de peces autóctonos, así como modificando parámetros de calidad de agua (Darrigran *et al.* 1998, Penchaszadeh *et al.* 2000, Mansur *et al.* 2003, Silvestre *et al.* 2005, 2007, Cataldo *et al.* 2012, Boltovskoy *et al.* 2015). Adicionalmente, las colonias bentónicas generan incrustaciones (macrofouling) en instalaciones hidráulicas de industrias usuarias del recurso hídrico (Darrigran *et al.* 2007, Boltovskoy & Correa 2015).

La problemática del **macrofouling** en la cuenca del Plata es reciente y ocasionada principalmente por la invasión de especies exóticas acuáticas (Brugnoli *et al.* 2006). Otro caso particular de macrofouling en sistemas acuáticos de Uruguay es el ocasionado por el poliqueto (*Ficopomatus enigmaticus*). Esta especie generó problemas en los sistemas de enfriamiento de la Refinería La Teja (ANCAP), así como en Central Battlle (UTE) (Muniz *et al.* 2005). Estudios de dinámica poblacional, manejo y estrategias de control de la mencionada especie se realizaron recientemente en la Refinería La Teja (ANCAP) por integrantes del presente equipo; para mitigar la problemática se recomendó el uso de pinturas anti-incrustantes amigables con el ambiente y cloración de los sistemas de enfriamiento (Brugnoli *et al.* 2010).

Entre los efectos ocasionados por macrofouling del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) en la región de la Cuenca del Plata, resalta la obstrucción de filtros, inutilización de sensores hidráulicos, daños en las bombas de captación o disminución en el diámetro de las tuberías de conducción del agua para enfriamiento, riego, o potabilización de agua (Figura 2). Estos efectos generaron gastos en plantas potabilizadoras de agua, centrales nucleares, hidroeléctricas, refinerías, siderúrgicas y plantas agroindustriales (acuicultura, forestal, alimenticia), debido a tareas de mantenimiento, modificaciones estructurales, así como en planes de manejo y control poblacional de la especie (Muniz *et al.* 2005, Brugnoli *et al.* 2006, Boltovskoy & Correa 2015)

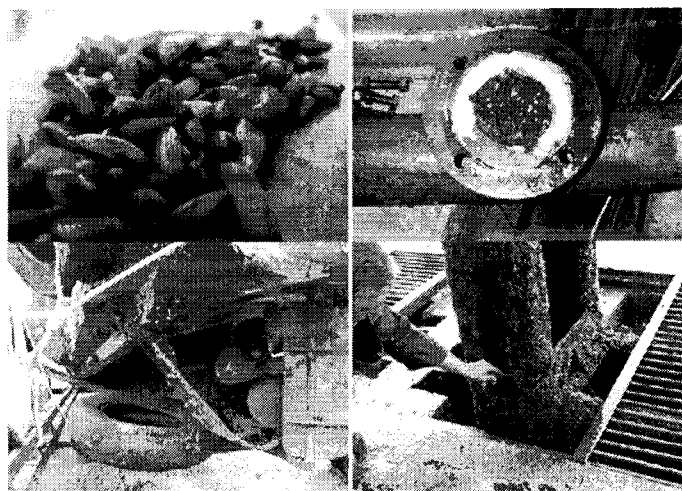


Figura 2. Colonias de *Limnoperna fortunei* en infraestructuras de conducción, transporte y contención. Embalse Palmar y Baygorria. Fotografía autoría Brugnoli.

Handwritten signatures and initials on the left margin, including a large signature that appears to be 'Brugnoli' and several other initials.

En la **cuenca del Río Negro**, *Limnoperna fortunei* se registró por primera vez en 1999 en los sistemas de enfriamiento de las turbinas de la represa de Palmar y actualmente invade los tres sistemas de embalses y las presas del Río Negro en sus estadios bentónicos y larvales. Los organismos fueron reportados por primera vez en los embalse de Palmar (2000), posteriormente en diciembre 2002 se encontraron ejemplares bentónicos de *L. fortunei* en las instalaciones de la presa de Baygorria y desde 2007 se encontraron larvas del mejillón dorado en muestras zooplanctónicas del Embalse Rincón del Bonete (Gorga & Clemente 2000, Clemente & Brugnoli 2002, Brugnoli *et al.* 2005, 2011, Lanfranconi *et al.* 2008, Chalar *et al.* 2014). La problemática ambiental del mejillón dorado ha ocasionado gastos indirectos en las presas afectadas del Sistema de Embalses del Río Negro (SERN): Palmar, Baygorria, Gabriel Terra, debido a tareas de mantenimiento (limpieza, desobstrucción, aplicación de pinturas anti-incrustantes), y obstrucción parcial de los sistemas de enfriamiento de las turbinas.

El ingreso de *Limnoperna fortunei* a las mencionadas instalaciones ocurre durante los estadios larvales planctónicos (200-300 μm), ya que debido a su tamaño no son retenidos por los filtros de acceso a los sistemas de enfriamiento. Una vez ingresadas a las diferentes infraestructuras, las larvas se asientan y desarrollan poblaciones bentónicas acumulando progresivamente las conchillas generando disminución en la luz interna de las tuberías, potencial incremento en las temperaturas y una potencial disminución en el rendimiento de las turbinas.

Entre los **antecedentes** a destacar referidos a investigaciones desarrolladas en conjunto entre UTE y la Facultad de Ciencias (Secciones de Limnología, así como Oceanografía y Ecología Marina-IECA), resaltan los siguientes trabajos:

2007: "ESTUDIO PARA EL CONTROL DE MOLUSCOS EN LOS EMBALSES DEL RÍO NEGRO", Informe Final, Facultad de Ciencias.

2007: "VARIACIONES TEMPORALES DE LOS ESTADIOS LARVALES DE *Limnoperna fortunei* EN UN SISTEMA INVADIDO (EMBALSE PALMAR, RÍO NEGRO)" Informe parcial de avance de actividades, Período Octubre, 2007 – Enero, 2008.

2008: "CICLO ANUAL DE UNA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA INVADIDA POR *Limnoperna fortunei*" (Dunker, 1857) (Embalse Palmar, Río Negro, Uruguay) (publicado en Brugnoli *et al.* 2011).

2008: "ANÁLISIS DEL ASENTAMIENTO DE *Limnoperna fortunei* Y LA FAUNA BENTÓNICA ASOCIADA EN SUSTRATOS ARTIFICIALES (Embalse Palmar, Río Negro, Uruguay)" (publicado en Brugnoli *et al.* 2011).

2014: Informe Anual "ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS TRES EMBALSES DEL RÍO NEGRO" Convenio Facultad de Ciencias (UdelaR) - U.T.E./ Gerencia General Hidráulica.

2015: Informe Interanual y Anual "ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS TRES EMBALSES DEL RÍO NEGRO" Convenio Facultad de Ciencias (UdelaR) - U.T.E./ Gerencia General Hidráulica.

Los resultados obtenidos a partir de los mencionados estudios y principalmente en el embalse Palmar, sugieren:

- La **temperatura presenta un asociación positiva** aunque con un bajo coeficiente de correlación con las abundancias larvales de *Limnoperna fortunei*. Esta variable es una de las que mayormente explican la variación anual de las abundancias larvales del mejillón dorado en el embalse Palmar. Sin embargo, **existiría la presencia de otra variable ambiental (hidrológica-manejo) responsable de regular las abundancias larvales** (ej: tiempo de residencia, cota, luz, entre otros).

- La presencia de dos máximos anuales de concentración de biomasa del mejillón dorado: uno durante **primavera-inicio de verano y el otro a fines de verano-inicio de otoño**. Estos máximos se corresponden con las épocas de máximos larvales (setiembre - enero) y la época de máximos de abundancia de crustáceos (marzo - abril).

- Se identifica la necesidad de **realizar limpiezas de colonias del mejillón dorado, programadas a lo largo del año** de acuerdo con los patrones de reclutamiento (mostrando dos máximos de reclutamiento, **uno durante enero-febrero y otro en setiembre-octubre**). Sin embargo, **se hace necesario continuar los estudios incluyendo ambas fases del desarrollo con un incremento en la periodicidad de muestreo a menores (mensual) y mayores (inter-anual) escalas temporales**.

- **Se sugiere la aplicación de hidro-lavados o raspados mecánicos de las superficies externas** (cámaras espirales de las turbinas, vertederos) de las presas invadidas, realizando esta acción de forma paralela a las tareas de mantenimiento regulares (paradas de máquinas, limpieza, otras). **Se sugiere la aplicación de esta medida de control poblacional, con una periodicidad de dos años y durante los meses de diciembre hasta abril**.

- Se recomienda la implementación de una **estrategia combinada con la utilización de dispositivos o campos eléctricos en el sistema de enfriamiento y el recubrimiento con pinturas antifouling** en superficies exteriores y/o expuestas al asentamiento larval de la especie.

- Igualmente se sugieren **medidas de control con cloro, con una cloración constante durante setiembre-abril**. Esta estrategia debería ser aplicada en los sistemas de enfriamiento de las centrales invadidas y complementando a la estrategia física (dispositivos eléctricos). **La incorporación de estrategias de control químico debe acompañarse con un monitoreo y/o seguimiento de los elementos incorporados al ambiente**, considerándose su concentración en las comunidades biológicas (bentónicas como bio-acumuladores, peces o plancton) y en el medio (sedimento-agua).

- Se identifica la **presencia de larvas de *Limnoperna fortunei*** en los tres embalses del Río Negro, con máximos de abundancias en el embalse Palmar (Chalar *et al.* 2014).

Juan C. B.

M

2. Descripción del problema a ser abordado y relevancia del mismo para el/los actor/es del ámbito social o productivo que conforma/n la contraparte.

El estado actual de la invasión de *Limnoperna fortunei* en las centrales hidroeléctricas del Río Negro, afectan en primera instancia los sistemas de enfriamiento de las unidades generadoras, impactando en los mantenimientos programados así como también pudiendo llevar a la falla de la central, sacando de servicio en forma intempestiva unidades generadoras. La salida de servicio de las unidades, así como el incremento de los tiempos de mantenimiento impactan en la disponibilidad de las máquinas y en el costo de lucro cesante. Recientemente en la presa de Rincón del Bonete, se reporta la necesidad de apagar una turbina debido al sobrecalentamiento de la misma por problemas en el sistema de enfriamiento, debido a la oclusión por mejillón dorado.

La realización de un diagnóstico de la invasión del mejillón dorado en las tres presas del Río Negro considerando los estadios larvales y bentónicos, presentará una visión ecosistémica, considerando mayores escalas espaciales y temporales, como así también un enfoque ambiental de la problemática con un conjunto de acciones para su control poblacional. El diagnóstico permitirá evaluar la magnitud de la invasión del mejillón dorado en las tres centrales hidroeléctricas, identificando las preferencias de las infraestructuras invadidas, así como las diferencias en el proceso de invasión entre los tres ecosistemas de embalses invadidos. Adicionalmente la evaluación de la implementación de acciones de control mecánico (uso de filtros), permitirá la generación de protocolos para el control poblacional de la especie en las presas del SERN.

3. Objetivos generales y específicos

Generales

3.1 Determinar el grado de invasión y la variación anual del mejillón dorado en los sistemas artificiales y naturales del SERN

3.2 Determinar la viabilidad de utilizar métodos mecánicos para el control poblacional del mejillón dorado en un sistema de enfriamiento del SERN

Específicos

3.1.1 Determinar el grado de invasión del mejillón dorado en los sistemas artificiales (presas) del SERN, mediante el análisis de ciclos anuales de los estadios larvales y parámetros poblacionales de las colonias bentónicas.

3.1.2 Analizar en los sistemas naturales (embalses) del Río Negro, los ciclos anuales larvales del mejillón dorado y la distribución espacial de las colonias bentónicas, así como su relación con variables ambientales (sistema pelágico y bentónico).

3.2.1 Evaluar la aplicación de métodos mecánicos para el control poblacional del mejillón dorado en un sistema de enfriamiento del SERN.

4. Estrategia de investigación, metodología y actividades específicas

4.1 Estrategia de investigación

La problemática que ocasiona la especie, así como los estudios realizados en el embalse Palmar permiten identificar la necesidad de profundizar el conocimiento sobre *Limnoperna fortunei* en el sistema de embalses del Río Negro. Estos estudios permitirán generar acciones para mitigar los daños ocasionados en las infraestructuras hidráulicas del SERN.

Se focalizará en la ampliación de las escalas temporales y espaciales considerando sitios de invasión, estadios y ciclos de vida, así como determinación de parámetros poblacionales del mejillón dorado. Espacialmente se trabajará con diferentes sistemas invadidos (naturales y artificiales o sistemas de enfriamiento), considerando los dominios pelágicos y bentónicos que habita la especie; adicionalmente para el ambiente bentónico se analizarán diferentes escalas espaciales (micro, meso y macro) considerando muestreos estratificados (sitios, zonas, embalses). Para el análisis de los ciclos larvales se considerará un intervalo de tiempo extenso (período 2009-2015), mediante el análisis de muestras colectadas durante estudios previos en los tres embalses del Río Negro. Complementariamente a las escalas analizadas y los parámetros poblacionales, se considerarán los factores abióticos (características ambientales del ambiente pelágico, manejo hidráulico del embalse, características ambientales del sistema bentónico) para establecer asociaciones entre componentes bióticos y abióticos.

Esta aproximación permitirá conocer con mayor detalle los ciclos de vida de la especie, así como las condiciones que favorecen las abundancias poblacionales, la permanencia en el sistema de presas, y en el SERN. Estos estudios permitirán detectar etapas de ingreso a las instalaciones hidráulicas y puntos críticos del sistema para el desarrollo de acciones de control ambientalmente sustentables (ej. control mecánico) fundamentadas en estudios básicos de la biología de este organismo.

4.2 Actividades y Metodología

A).- Grado de invasión del mejillón dorado

Objetivo específico 3.1.1

1.1.- Establecer el ciclo larval del mejillón dorado en los sistemas de enfriamiento de las centrales del SERN y su relación con variables ambientales (temperatura) o manejo (uso de sistemas de enfriamiento, volumen de enfriamiento).

1.2.- Determinar el grado actual de invasión de las colonias bentónicas de *Limnoperna fortunei* en el sistema hidráulico y estructuras fijas (ej.: cámara espiral) de las tres presas del SERN.

Metodología

1. Colecta de muestras en presas del SERN

** Durante los primeros meses del estudio se realizarán visitas de campo para identificar zonas para la colecta de muestras de agua en los sistemas de enfriamiento de las tres centrales del SERN. Una vez identificados los sitios de muestreo, se realizará la capacitación a funcionarios de UTE para la colecta de muestras de agua. Las muestras se colectarán con una periodicidad quincenal (setiembre-abril) y mensual (mayo-agosto). Se considerarán 3 sitios de muestreo por embalse (total: 9 muestras

mensuales durante mayo-agosto y 18 muestras mensuales durante setiembre-abril). Las muestras se colectarán mediante una bomba de succión filtrando un volumen determinado; el volumen se concentrará en un tamiz con poro de malla de 50 μm , se trasvasará a un frasco plástico y se fijará con formaldehído al 4% de concentración final. Las muestras se enviarán a los laboratorios de Limnología (Facultad de Ciencias) para su identificación y conteo

** Durante las limpiezas regulares del sistema hidráulico y cámaras espirales de las centrales del SERN, se realizarán visitas en los años 1–2 para la colecta de muestras bentónicas de mejillón dorado. Las muestras se colectarán por triplicado mediante uso de un cuadrante metálico de 0,25 m² con una red incorporada y el raspado de la superficie; las muestras se fijarán con alcohol al 70% y se transportarán a los laboratorios de Oceanografía y Ecología Marina (Facultad de Ciencias) para su identificación y conteo.

2. *Análisis de laboratorio*

** Las muestras colectadas para la determinación de abundancias larvales se procesarán en los laboratorios de Limnología. Las muestras se sub-muestrearán mediante alícuotas (5-10 mL) en cámaras Sedwick-Rafter para su conteo mediante una lupa binocular Olympus SZ6. Se determinará la biomasa y se expresará como biovolumen de acuerdo a los criterios de Gilabert (2001), utilizando una cámara de fotos Celestron y un software de edición de imagen "imagen J". Se realizará un conteo de al menos 300 individuos por muestra.

** Para determinar el ciclo larval anual en los sistemas de enfriamiento de las centrales del SERN, se determinarán las abundancias larvales de las muestras colectadas en los sistemas de enfriamiento de las diferentes centrales. Las abundancias se contrastarán con variables de temperatura y caudal de los mencionados sistemas, mediante análisis de correlaciones.

** Las muestras colectadas durante tareas de mantenimiento se procesarán en los laboratorios de Oceanografía y Ecología Marina (Facultad de Ciencias). Se cuantificarán los parámetros poblacionales (abundancias, tamaños y biomasa) de las colonias bentónicas. Las abundancias se determinarán mediante conteo; se determinará el tamaño de 100 organismos, considerando el largo, ancho máximo y espesor mediante un calibre ($\pm 0,1$ mm). Posteriormente se determinará la biomasa de los 100 organismos, considerando el peso seco (60°C durante 48 horas). Las abundancias bentónicas se contrastarán con variables de temperatura y caudal de los sistemas de enfriamiento y con la periodicidad de limpieza de las cámaras espirales (semestrales, anuales, cada dos años). Se identificarán presencias de cohortes de acuerdo con el tamaño de los organismos.

Objetivo específico 3.1.2

2.1.- Determinar el ciclo anual larval del mejillón dorado y su relación con variables ambientales y de manejo hidráulico en los tres embalses del Río Negro.

2.2.- Establecer la distribución espacial y características poblacionales (abundancia, tamaño, biomasa) de los estadios bentónicos del mejillón dorado en los embalses del SERN y su relación con variables ambientales del ambiente bentónico.

Metodología

1. Colecta de muestras en embalses del Río Negro

** El estudio para la distribución de los estadios bentónicos del mejillón dorado y características del ambiente bentónico en los tres embalses del SERN se realizará mediante un muestreo jerárquico considerando 4 escalas espaciales (embalse, cabecera-cola, litoral-medio-cauce y estaciones). Las mismas corresponden a escalas del orden de km (embalses), centenas (cabecera-cola) y decenas de metros (litoral, medio, cauce) y metros (estaciones). Se seleccionarán dos zonas en cada embalse (cabecera y cola), colectándose muestras en tres sitios dispuestos en un gradiente de profundidad (litoral: 0-5m, medio: 5-10m y cauce: >10m). En los tres sitios se colectarán muestras de sedimento por triplicado (estaciones) mediante una draga van Veen (5 kg, 0,05 m²) (Figura 3).

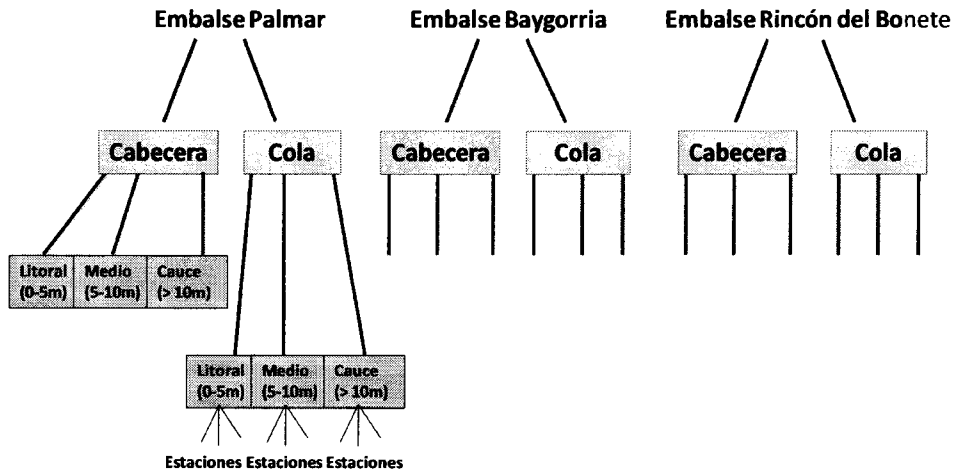


Figura 3. Estrategia de muestreo del ambiente bentónico.

Los muestreos se realizarán durante el segundo año considerando una visita en época de verano. En las diferentes réplicas se determinará granulometría, contenido materia orgánica y nutrientes (NT y PT). Para los estadios bentónicos de *L. fortunei* se colectará cuantitativamente por triplicado con una draga y se realizará un arrastre semi-cuantitativo/cualitativo con una rastra epibentónica durante 3 minutos de forma integrada en los diferentes sitios. Complementariamente se colectarán sustratos consolidados (naturales y artificiales) en las zonas litorales, para determinar la presencia/ausencia y abundancias de *Limnoperna fortunei* en zonas intermedias entre la cabecera y cola de los embalses. Mediante una multiparámetro YSI *Pro plus* se determinarán *in situ*, los parámetros físico-químicos mediante un perfil vertical de la columna de agua (temperatura, conductividad, pH, Od) y complementariamente se colectará una muestra de fondo para la determinación del seston.

2. Análisis de laboratorio

** Las características poblaciones de las colonias bentónicas del mejillón dorado (abundancias, tamaño, biomasa) se determinarán en los laboratorios de Oceanografía y Ecología Marina (Facultad de Ciencias) mediante el procedimiento detallado para los sistemas de presas.

** Se determinarán las características del ambiente bentónico y pelágico. Bentónico: la granulometría se realizará mediante técnicas de tamizado utilizando un rot-

up, el contenido de la materia orgánica mediante diferencia de peso según recomendaciones de Heiri (2001) y el contenido de nutrientes (NT, PT), según Valderrama (1981). Pelágico: para la determinación del seston, se filtrará en laboratorio de campo 300-500 mL de agua utilizando filtros Wathman GF/C de 0.45µm premuflados y luego por diferencia de peso se determinará la concentración de material en suspensión.

** Se realizará un mapeo de las condiciones ambientales del ambiente bentónico y la distribución espacial de *Limnoperna fortunei* considerando las características poblacionales (abundancias, tamaño, biomasa). Considerando las diferentes escalas (sitio, zona, embalses) se determinarán diferencias en las características poblacionales, así como asociaciones entre las condiciones ambientales del sedimento y las características poblacionales.

3. Análisis de datos

** Para identificar el comportamiento larval de *Limnoperna fortunei* y su heterogeneidad espacio-temporal en los diferentes sistemas embalses (Palmar, Baygorria, Bonete), se considerarán el set de datos generados durante los monitoreos de calidad de agua del Convenio Limnología-UTE durante el período (2009-2015). Estos monitoreos incluyen variables ambientales (temperatura, conductividad, pH, clorofila, zooplancton) y de manejo hidráulico (cota, caudal, tiempo de residencia). Se realizarán análisis de correlaciones entre variables ambientales y la comunidad zooplanctónica para identificar asociaciones entre las mismas.

** Se utilizará estadística multivariada para identificar las variables ambientales que regulan las abundancias planctónicas y bentónicas del mejillón dorado en los tres embalses analizados.

Actividades de capacitación e interacción con funcionarios de UTE

** Se brindará capacitación a funcionarios de UTE de las presas del SERN para la colecta de muestras de agua en los sistemas hidráulicos previamente identificados de las presas del SERN.

** Se realizará un cronograma de colecta de muestras de agua mensual y quincenal en los sistemas de enfriamiento de las tres centrales del SERN para uso por los funcionarios de UTE.

Actividades técnicos-funcionarios UTE

** Muestreos de larvas en instalaciones de la presa (sistemas de enfriamiento y/o similar) por parte de funcionarios de UTE y su posterior envío hacia Montevideo para su análisis.

** Se facilitarán los registros de temperatura de los diversos sistemas de enfriamiento analizados en las centrales del SERN.

B).- Viabilidad de aplicación de métodos de control mecánico

Objetivo específico 3.2.1

1.1.- Promover la participación de agentes privados en la facilitación de mecanismos de filtración mecánico y la interacción con funcionarios de UTE responsables de los sistemas de enfriamiento en centrales del SERN.

1.2.- Identificar en una de las centrales del SERN, el sistema de enfriamiento con mejor aptitud para aplicar las estrategias de control mecánico propuestas (filtros).

1.3.- Evaluar la eficiencia de retención de larvas de *Limnoperna fortunei* en el sistema de enfriamiento con filtros mecánicos instalados.

Metodología

Actividades de interacción entresector privado y funcionarios de UTE

Identificar las acciones necesarias para la instalación de los filtros mecánicos en un sistema de enfriamiento de la presa del SERN mediante talleres con representantes del sector privado (AZUD S.A.; www.azud.com) y funcionarios de centrales hidroeléctricas de UTE.

Los diversos costos asociados a esta instalación (transporte, mantenimiento, uso durante el ensayo piloto), así como los detalles de la misma no están contemplados en la presente propuesta y deberán ser asumidos por UTE y/o por la empresa que facilite los filtros. Estos detalles se deberán definir y acordar previamente al inicio de la instalación de los filtros en el/los sistemas de enfriamiento mediante la firma de acuerdos entre UTE y el agente privado.

Participar como enlace entre ambos agentes (público-privado) durante la instalación de los filtros mecánicos en el sistema de enfriamiento de la presa del SERN identificados.

Visitas a presas del Río Negro

** Durante las visitas de campo del primer año, se identificarán características del sistema hidráulico (volumen, disposición, espacio físico) que permitan la colocación de una serie de filtros mecánicos auto-limpiantes, para el control del mejillón dorado.

** Durante periodos de máximos larvales (setiembre-abril), se realizarán muestreos quincenales de agua para determinar abundancias y ciclos larvales en el sistema de enfriamiento con presencia del filtro mecánico instalado. Se considerarán muestras por triplicado en tres sitios de muestreo, ubicados antes y después del filtro mecánico. Se desarrollarán procedimientos de muestreo similares a los realizados para el objetivo 3.1 (grado de invasión). La eficiencia de remoción de larvas se realizará mediante determinación de abundancias larvales, comparando entre sitios antes y después del filtro, como así también contrastándolos con los resultados obtenidos durante el primer año de estudio correspondiente a las abundancias larvales en el sistema de enfriamiento analizado.



5. Personal docente asignado al proyecto (nombre, grado y dedicación proyectada semanal al proyecto).

Personal docente asignado al proyecto						
Nombre	Grado	Dedicación Semanal	Período (meses)	Perfil	Actividades	Aspectos formativos
Ernesto Brugnoli	2	10	30		Coordinación general. Capacitación, colecta muestras, procesamiento de datos (históricos, actuales), interpretación, de resultados. Informes preliminar y final	Estudiante Doctorado en Ciencias Biológicas
Daniel Fabián	2	10	12		Conteo larvas y bentos; Procesamiento de datos, interpretación; Informes preliminares	Dr. en Ciencias Biológicas
Pablo Muniz	4	6	12		Procesamiento de datos, interpretación, de resultados (bentónicos), Muestreo bentónico// Informes preliminar y final	Dr. en Ciencias Biológicas
Grado 2 (30 horas) (cargo a ser llamado)	2	30	6		Análisis de datos// Conteo muestras bentónicas// Muestreo bentónico // Informes preliminares	Estudiante avanzado (Lic. o Maestría)
Grado 1 (30 horas) (cargo a ser llamado)	1	30	30		Conteo larvas y bentos (años 1-3)	Estudiante avanzado en Licenciatura

6. Realización de tesis de grado y/o posgrado en el marco de la investigación, con breve descripción de su temática.

Se realizarán llamados a pasantías de finalización de grado (Lic. en Ciencias Biológicas) y posgrado (Maestría-PEDECIBA Geociencias) para trabajar durante el segundo año en la identificación del ciclo larval de *Limnoperna fortunei* y en la diferencias espacio-temporales de la especie en sus estadios bentónicos en los tres embalses del Río Negro.

Objetivo específico 3.1.2

- Determinación de los ciclos larvales en los tres embalses del SERN.
- Determinación de asociaciones del ciclo larval, con variables ambientales y de manejo.
- Determinación de la distribución espacial de las colonias bentónicas del mejillón dorado en los tres embalses del Río Negro.

Objetivo específico 3.2

- Determinación de la aptitud de los filtros mecánicos como medida de control larval del mejillón dorado en un sistema de enfriamiento de las centrales del SERN.

8. Solicitud Presupuestal

Rubro	Destino	Tipo Cargo	Período	Total Monto/Costo	APORTE
Horas docentes	Creación cargo	Grado 1 (30 hs)	30 meses (Años 1-3)	\$ 739.661	CSIC-PVSP (\$601.389) UTE (\$138.272)
	Creación cargo	Grado 2 (30 hs)	6 meses (Año 1-2)	\$ 190.790	UTE
	Horas coord. general	Dedicación compensada Grado 2-DT	30 meses (Años 1-3)	\$ 731.063	UTE
	Horas coord. bentos	Dedicación compensada Grado 4-DT	12 meses (Años 2-3)	\$ 305.775	UTE
Salidas de campo			30 meses (Años 1-3)	\$ 250.000	UTE
Fungibles				\$ 100.000	UTE
Overhead Facultad Ciencias (10%)				\$ 172.000	UTE

Institución	Aportes por año ejecución			Total
	Año 1	Año 2	Año 3	
UTE	\$ 560.714	\$ 978.086	\$ 349.100	\$1.887.900
CSIC-PVSP	\$ 261.633	\$ 261.633	\$ 78.123	\$ 601.389

9. Descripción del espacio físico así como de los equipos y materiales disponibles para la realización del proyecto.

La Sección Limnología (IECA-Facultad de Ciencias) cuenta para la estimación de la densidad de las larvas del bivalvo *Limnoperna fortunei*, una superficie total de 240m² con dos unidades de laboratorio de 50m². Además cuenta con cuatro oficinas (12 m²) con equipos de informática. Específicamente para la determinación de los mencionados parámetros, cuenta con una lupa Olympus SZ61, microscopio estereoscópico binocular Olympus BX40, tamices de 50 µm, matraces graduados de 50 y/o 100 ml, pipetas graduadas de 5ml, pipetas Pasteur descartables, cámaras Sedgewick-Rafter (2 y 5 ml) y cajas de Petri.

La Sección Oceanografía y Ecología Marina (IECA), de la Facultad de Ciencias cuenta con laboratorios de 240 m² para la ejecución de este proyecto. Además cuenta con cuatro oficinas (12 m²) con equipos de informática. Para efectuar los *muestreos de campo* se cuenta con: 1 Sensor multiparámetro HORIBA (Modelo V-10), 2 Sensores mutiparámetro YSI, 1 Oxímetro de campo marca HORIBA, 2 Botellas Hydro-Bios, 1 Bomba peristáltica, 2 Dragas Van veen (5 kg). El laboratorio de *análisis químico y biológico* posee el siguiente instrumental: 1 Frezzer de - 20 °C vertical, 1 Frezzer de - 20 °C horizontal, 2 Refrigeradores de 4 °C, 1 Estufa 150 °C SHEL Lab 1370 Fx, 1 Mufla de 500 °C LINDBERG / BLUE, 1 Balanza de precisión (0,001 mg) SARTORIUS BP210, 1 Balanza de precisión (0,001) SARTORIUS BL 150, 1 pHmetro de mesa, 1 Microscopio Olympus CH, 1 Microscopio invertido con contraste de fase NIKON, 1 Lupa esteroscópica Leica MZB, 1 Lupa esteroscópica Olympus, 1 Rotup Analysette Fritsch para tamizado en seco y húmedo, 1 espectrofotómetro. Material variado de vidrio y plástico necesario para el análisis de todas las muestras, además de conservadoras y recipientes apropiados para el transporte de muestras.

10. Estrategia de vinculación y comunicación con la contraparte durante la realización del proyecto, especificando instancias y mecanismos de vinculación.

El presente trabajo desarrollará dos objetivos generales, tres específicos y un total de 6 actividades.

En los *objetivos específicos 3.1.1 y 3.1.2* incluyen actividades de capacitación, a los funcionarios de UTE de las presas del SERN para la colecta de muestras de agua en los sistemas hidráulicos previamente identificados de las centrales del SERN. Esta actividad finalizará con la conformación de un cronograma de colecta de muestras de agua mensual y quincenal en los sistemas de enfriamiento de las tres centrales del SERN para uso por los funcionarios de UTE. Por otro lado, los funcionarios de UTE participarán activamente durante la presente propuesta realizando el muestreo de larvas en instalaciones de la presa (sistemas de enfriamiento y/o similar). Adicionalmente los funcionarios de las presas del SERN, facilitarán los registros de temperatura de los diversos sistemas de enfriamiento analizados en las centrales del SERN.

Finalmente en el *objetivo específico 3.2* se incluyen actividades donde se promoverá la participación de agentes privados en la facilitación de mecanismos de filtración mecánico y la interacción con funcionarios de UTE responsables de los sistemas de enfriamiento en centrales del SERN. En estas actividades se identificarán las acciones necesarias para la instalación de los filtros mecánicos en un sistema de enfriamiento de la presa del SERN mediante talleres con representantes del sector privado (AZUD S.A.; www.azud.com) y funcionarios de centrales hidroeléctricas de UTE. Adicionalmente se participará como

enlace entre ambos agentes (público-privado) durante la instalación de los filtros mecánicos en el sistema de enfriamiento de la presa del SERN identificado.

11. Estrategia de difusión y transferencia de los resultados a la contraparte, especificando los mecanismos a utilizar.

La transferencia y difusión de resultados a la contraparte se realizará por medio de la entrega de dos informes parciales y uno final. Estos informes presentarán resultados y recomendaciones abordadas durante las diferentes etapas del proyecto (años 1, 2 y 3).

Se entregará un informe final al terminar el tercer año del proyecto y se realizará una presentación complementaria con la participación de los diferentes actores implicados durante la ejecución de la presente propuesta (funcionarios presas, gerencia técnica, actores privados participantes).

12. Resultados esperados, relevancia e impacto de los mismos tanto para el grupo de investigación como para la contraparte y el sector de la sociedad y/o producción.

Por parte de Facultad de Ciencias se espera:

Objetivo específico 3.1.1

- Las larvas del mejillón dorado se encontrarán presentes en las tres presas del SERN, mostrando ciclos larvales similares a los observados en ambientes naturales (presencia larval durante setiembre-abril y baja abundancia larval durante mayo-agosto), asociados principalmente a la variabilidad de manejo del sistema hidráulico (temperatura del agua).
- La presencia de un gradiente de invasión de acuerdo con el tiempo de invasión de los sistemas, en términos de abundancias de colonias del mejillón dorado. Las máximas abundancias se esperan en la presa Palmar, seguida de Baygorria y las menores abundancias se esperan en la presa Gabriel Terra (Rincón del Bonete), debido al tiempo de invasión de la especie en los mencionados sistemas

Objetivo específico 3.1.2

- Se observará un comportamiento temporal de los ciclos larvales, similares en los tres embalses (presencia larvas durante setiembre-abril y ausencia larvas durante mayo-agosto). Las variables ambientales que mayormente presentarán asociaciones con las abundancias larvales corresponden a la temperatura y volumen turbinado (manejo hidráulico).
- Se encontrará la presencia de un gradiente espacial a macro-escala de las abundancias del mejillón dorado con respecto al tiempo de invasión; mayores abundancias en el embalse Palmar, intermedias Baygorria y menores en Rincón del Bonete. Las colonias del mejillón dorado a nivel de meso-escala, están mayormente asociadas a sedimentos consolidados y/o sedimentos con mayores contenidos de materia orgánica y nutrientes.

Objetivo específico 3.2.1

- Las abundancias larvales encontradas en estaciones de muestreo posteriores a la instalación del filtro mecánico presentarán una disminución temporal durante el año; la

mayor disminución se observará durante setiembre-abril y una ausencia larval durante mayo-agosto.

- Se espera una disminución de las abundancias de larvas del mejillón dorado en zonas del sistema hidráulico, posteriores al filtro mecánico instalado. Se observará una eficiencia de remoción del filtro mayor al 70% durante setiembre-abril y 100% durante mayo-agosto.

Por parte de los técnicos de UTE (contraparte), se espera:

- Reducción de riesgo de falla de las instalaciones debido a la falla de los sistemas de enfriamiento de las unidades hidráulicas de generación.

- Reducción de los tiempos de mantenimiento programado, al reducir los trabajos de limpieza y remoción de mejillones en las instalaciones de enfriamiento.

- Mayor conocimiento del ciclo de vida de la especie *Limnoperna fortunei* y su vinculación con las diferentes variables y condiciones ambientales, de forma que permitan anticipar problemas o programar mantenimientos más efectivos.

13. Referencias bibliográficas.

- Boltovskoy, D., & N. Correa. 2014. Ecosystem impacts of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* (golden mussel) in South America. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-014-1882-9.
- Brugnoli, E., Clemente, J., Boccardi, L., Borthagaray, A. & Scarabino, F. 2005. Update and prediction of golden mussel (*Limnoperna fortunei*): distribution in the principal hydrographic basin of Uruguay. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77 (2): 235-244.
- Brugnoli, E., Clemente, J., Riestra, G., Boccardi, L. & A. Borthagaray. 2006. Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y gestión. En: Menafrá, R., Rodríguez, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases para la conservación y manejo de la costa uruguaya. *Vida Silvestre Uruguay*. Pp. 351-362.
- Brugnoli, E., Dabezies, M. J., Clemente, J. M. & P. Muniz. 2011. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857), en el sistema de embalses del Río Negro, Uruguay. *Oecologia Australis*. 15(3): 576-592.
- Brugnoli, E., Lanfranconi, A., & P. Muniz. 2010. Diagnóstico y estrategias de control de las especies generadoras de macrofouling en el reservorio de abastecimiento de agua para enfriamiento de la Refinería ANCAP-La Teja. Informe Final. Octubre 2010. *Oceanología-IECA-Facultad de Ciencias*. 53 p.
- Cataldo, D., I. O' Farrell, V. Paolucci, F. Sylvester & D. Boltovskoy. 2012. Impact of the invasive golden mussel (*Limnoperna fortunei*) on phytoplankton and nutrient cycling. *Aquatic Invasions* 7: 91-100.
- Cataldo, D. & D. Boltovskoy. 2000. Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei*, as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the lower Paraná river and the Río de la Plata estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, 34: 307-317.
- Chalar G., Gerhard M., Gonzalez-Piana M., y Fabián D. 2014: Hidroquímica y eutrofización en tres embalses subtropicales en cadena (Uruguay). En: "Procesos Geoquímicos Superficiales en Iberoamérica" ed. Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental (RiFyQA) de la Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental (SiFyQA), España.
- Clemente, J.M. & E. Brugnoli. 2002. Note: Record of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in continental waters of Uruguay (Río Negro and Río Yí). *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay*, 13: 29-33.
- Darrigran, G. & G. Pastorino. 1995. The recent introduction of asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) in to South America. *The Veliger*, 38: 183-187.
- Darrigran, G.; Martin, M.; Gullo, B. & Armendariz, L. 1998. Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Río de la Plata, Argentina. *Hydrobiology*, 367: 223-230.
- Darrigran, G. & I. Ezcurra de Drago. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, 114: 69-73.
- Darrigran, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasion*, 4: 145-156.

- Darrigran, G., Damborenea, C. & N. Greco. 2007. An Evaluation Pattern for Antimacrofouling Procedures: *Limnoperna fortunei* Larvae Study in a Hydroelectric Power Plant in South America. *Ambio* 36 (7), 575-579.
- Gorga, J. & J.M., Clemente. 2000. Primera aproximación al problema del biofouling en la Represa Palmar. Informe Sección Limnología- Facultad de Ciencias. 6p.
- Heiri, O., Lotter, A. F., & G. Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content: reproducibility and comparability of the results. *Journal of Paleolimnology* 25, 101-110. doi:10.1023/A:1008119611481
- Lanfranconi, A., Brugnoli, E., Muniz, P., Castiglioni, R., Arim, M., & R. Arocena. 2008. Estado actual de la invasión de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mollusca, Bivalvia) en las cuencas hidrográficas de Uruguay. IX Jornadas de Zoología del Uruguay. 10-13 diciembre. Facultad de Ciencias-Universidad de la República, Montevideo-Uruguay.
- Langone, JA. 2005. Notas sobre el mejillón dorado *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) en Uruguay. Publicación extra Museo Nacional de Historia Natural y Antropología, Montevideo 1:1-18.
- Mansur, C.; Dos Santos , C.P.; Darrigran, G.; Hyedrich I.G. & Calli, C. 2003. Primeiros dados qualiquantitativos do mexilhao-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Gaúba e no Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20: 75-84.
- Muniz, P., Clemente, J. & E. Brugnoli. 2005. Benthic invasive pests in Uruguay: a new problem or an old one recently perceived? *Marine Pollution Bulletin* 50:1014-1018.
- Oliveira, M.D., Campos, M.C.S., Paolucci, E.M Mansur, M.C. and S.K. Hamilton. 2015, Colonization and Spread of *Limnoperna fortunei* in South America. In: D. Boltovskoy (ed.), *Limnoperna fortunei*, Invading Nature - Springer Series. in Invasion Ecology 10. Springer International Publishing Switzerland. pp. 333-355
- Pastorino, G.; Darrigran, G.; Martin, S.M. & L. Lunaschi, L. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Rio da Prata. *Neotropica*, 39: 34-36.
- Penchaszadeh, P.; Darrigran, G.; Angulo, C.; Averbuj, A.; Brgger, M.; Dogliotti, A.; & N. Pirez, N. 2000. Predation of the invasive freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Mytilidae) by the fish *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1846) (Anostomidae) in the Rio de la Plata, Argentina. *Journal Shellfish Research*, 19: 229-231.
- Scarabino, F. & M. Verde. 1995. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) en la costa uruguaya del Río de la Plata (Bivalvia; Mytilidae). *Revista Sociedad Malacología Uruguay* 7: 374-375.
- Sylvester, F., J. Dorado, D. Boltovskoy, A. Juárez & D. Cataldo. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia* 534: 71-80.
- Sylvester, F., D. Boltovskoy & D. Cataldo. 2007. The invasive bivalve *Limnoperna fortunei* enhances benthic invertebrate densities in South American floodplain rivers. *Hydrobiologia* 589: 15-27.
- Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total N and total P in natural Waters. *Marine Chemistry* 10, 109-115.