

## **Proyecto**

### **Acuicultura en canteras: su utilización como una alternativa para un manejo sustentable de la actividad minera**

**El tema principal de la actividad propuesta es:** IMPACTO AMBIENTAL DE EXPLOTACIONES MINERAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS Y SU REMEDIACION.

#### **Organismo proponente:**

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINERÍA DE LA PROVINCIA DE MISIONES ( DIGEOMIN ). Subsecretaría de Industria y Economía. Ministerio del Agro y la Producción. San Martín 1495. Posadas, Misiones. tel./fax 03752-447589.

e mail: [map\\_dggm@misiones.gov.ar](mailto:map_dggm@misiones.gov.ar)

#### **Organismos Participantes:**

Dirección General de Geología y Minería (DIGEMIN), Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables (M.E.R.N.R – Parque Ecológico “El puma”) y Universidad Nacional de Misiones (UNAM) de la provincia de Misiones; Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica a la Producción (CICyTTP - CONICET) de la Provincia de Entre Ríos; Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet (UNLP-CONICET) de Buenos Aires.

#### **Introducción**

Las explotaciones mineras a cielo abierto, especialmente las canteras para extracción de áridos, si bien afectan superficies relativamente restringidas (comúnmente entre 2 y 5 hectáreas), impactan negativamente en el paisaje (especialmente en los componentes suelo y vegetación) convirtiéndose luego de su cierre, en pequeñas lagunas o cavas o en basurales, que constituyen áreas de riesgo para la población por la posibilidad de accidentes y la proliferación de vectores de enfermedades. A esto debe agregarse la pérdida de valor de los terrenos donde se localizan las explotaciones, ya que resulta prácticamente imposible su reutilización, considerando el estado resultante de las labores mineras realizadas para su aprovechamiento.

A partir de la sanción de la Ley 24.585, la minería cuenta con el marco legal adecuado para ejercer una acción preventiva sobre los efectos negativos de la actividad a través de propuestas para el cierre y abandono de minas y canteras. Anteriormente, solo existían normas incompletas que reglamentaban aspectos parciales y que resultaron inadecuadas e inoperantes para impedir el abandono desordenado e irresponsable de las explotaciones. En la actualidad, estas canteras constituyen un pasivo ambiental que debe corregirse para evitar consecuencias perjudiciales y proponer una revaloración de esos recursos, a partir de su aprovechamiento mediante la instalación de proyectos productivos, que constituyan una contribución al mejoramiento socioeconómico de la región con actividades ambientalmente sustentables.

Basándose en este argumento, es que la DIGEOMIN intenta abordar proyectos productivos que, por un lado puedan replicarse en áreas degradadas por explotaciones mineras abandonadas y por otro, brinden experiencias piloto alternativas para los productores

mineros en la presentación de los Informes de Impacto Ambiental, como propuestas de remediación posibles de realizar, brindándoles sobre todo, parámetros técnicos y económicos de factibilidad que les permitan seleccionar los proyectos en base a datos sólidos.

La exigencia de la presentación del Informe de Impacto Ambiental (IIA) como requisito previo para comenzar la explotación, fue percibida por los productores, especialmente por los titulares de explotaciones de pequeña escala y mineros artesanales, como un requerimiento honeroso y de escaso valor práctico.

El aspecto más resistido fue la inclusión en el IIA de un proyecto de remediación de los terrenos afectados por las minas o canteras.

La DIGEOMIN tomó estado de situación escuchando los reparos de los productores y explicando los objetivos de la Ley, poniendo énfasis en la búsqueda de nuevas propuestas con la finalidad de la rehabilitación de los sitios ocupados por las explotaciones, como forma de posibilitar la instalación de proyectos para su aprovechamiento y contribuir a la sustentabilidad de la actividad minera.

Al respecto, frecuentemente, los Informes de Impacto Ambiental incluyen propuestas para la implementación de proyectos de piscicultura, ya que en la provincia dicha actividad se encuentra en crecimiento y cuenta con una gran difusión. Sin embargo, las presentaciones tienen más el carácter de idea, que de un proyecto formulado sobre la base del adecuado conocimiento de la actividad acuícola.

Así entonces, con la idea de asistir a los productores mineros de pequeña escala y artesanales, en la correcta elaboración de proyectos acuícolas que les signifiquen nuevas oportunidades económicas, la DIGEOMIN con el asesoramiento de expertos en acuicultura, concibió la implementación del proyecto de investigación propuesto, a partir de cuyas conclusiones y recomendaciones puedan replicarse en aprovechamientos de la misma naturaleza ligados al sector en la provincia y otras regiones del país.

### **Objetivo principal**

El proyecto tiene por objetivo principal la utilización de pasivos ambientales provenientes de la explotación minera como son las canteras y minas abandonadas, mediante la generación de actividades productivas que representen alternativas de desarrollo sustentable para la actividad minera y que a la vez aporten a la recomposición del medio ambiente.

### **Objetivos específicos**

La finalidad de la propuesta es rehabilitar zonas impactadas por la actividad minera mediante la instalación de un aprovechamiento piscícola a modo de experiencia piloto, que pueda ser presentado por los productores mineros como una propuesta ambiental-económica para los planes de cierre y abandono de minas, que debe incluirse en el Informe de Impacto Ambiental exigido por la Ley 24.585. Dentro de lo expresado, en el marco de un proyecto global se destacan las siguientes metas:

- Generar nuevas actividades productivas, mediante la cría y producción de especies nativas, de valor para consumo humano.
- Implementar programas de recomposición del ambiente mediante la cría de peces, en ambientes destinados al desarrollo de actividades deportivo – recreativas y/o de conservación (humedales) para la preservación de la fauna autóctona (áreas de refugio y reproducción, alimentación, cría, etc.).

- Contribuir al mantenimiento y recuperación de los ambientes naturales impactados en distintas regiones del país, a partir de programas de cría de juveniles y engorde de peces de especies autóctonas para su repoblamiento, particularmente en aquellas de interés deportivo y comercial.

### **Plan de trabajo**

Tiene por objetivo la implementación de programas de piscicultura de especies autóctonas, mediante la cría de larvas y engorde de juveniles bajo sistemas semiintensivos en canteras de distinto origen (canto rodado, basalto, conchilla, etc.), que permitan obtener como resultado individuos con altas tasas de crecimiento y baja mortalidad.

El plan contempla las siguientes puntos:

- 1) Selección de la provincia en base a las características ambientales particulares para la implementación y ejecución del proyecto.
- 2) Evaluación de la infraestructura existente y los recursos técnicos disponibles para la constitución del grupo de trabajo
- 3) Coordinación entre los grupos constituidos y los centros de vinculación operativos (estatales y privados) para la ejecución de los proyectos específicos formulados.

### **Metodología propuesta**

Una vez seleccionada la provincia en la cual se llevará a cabo el proyecto, para este caso Misiones, se considerarán las siguientes etapas:

Etapa 1: Caracterización de las canteras preseleccionadas para el desarrollo del proyecto.

Este punto considera:

- 1) Origen y tipificación de las canteras
- 2) Dimensiones y descripción batimétrica
- 3) Caracterización física y química del agua
- 4) Dinámica de las aguas
- 5) Caracterización de las distintas comunidades bióticas del ambiente como vegetación acuática, plancton, bentos, peces.
- 6) Evaluación limnológica integral del ecosistema

Etapa 2: Selección de las especies de peces, cuyas características biológicas permitan lograr la viabilidad de las metas propuestas, en base a la adaptación al tipo de cantera y que contemplen los factores ambientales de la región (variaciones de temperatura, regímenes hídricos, etc.) donde se desarrolle el proyecto.

La implementación del proyecto se hará en base al conocimiento de las especies elegidas y la aplicación de los distintos métodos de cría, considerando aspectos de la alimentación, crecimiento, mortalidad, etc.

En esta etapa es sumamente importante el origen de las larvas de los peces, ya sea provenientes de centros de piscicultura o de los ambientes naturales, cuya obtención o extracción se hará mediante la metodología apropiada y el traslado a los laboratorios, aclimatación en las salas y su confinamiento en los acuarios para su alimentación y cría. Luego, el traslado a las canteras para su adaptación y el engorde en jaulas, hasta la siembra en el ambiente seleccionado.

Etapa 3: En virtud de los objetivos del proyecto elegido y la especie a cultivar, se diagramarán las distintas actividades a llevar a cabo, a partir de la cría y engorde de los peces, hasta la obtención del tamaño óptimo esperado para la producción o siembra. Se considera en base a los costos del proyecto, el tiempo de ejecución y los resultados obtenidos a corto y mediano plazo, estimar los costos de nuevos proyectos productivos que posibiliten la rehabilitación de pasivos ambientales mineros.

### **Resultados esperados**

Los resultados del proyecto, serán la obtención de juveniles de especies de peces autóctonos, mediante la cría de larvas bajo sistemas semiintensivos y engorde de juveniles en jaulas en canteras abandonadas, que permitan obtener altas tasas de crecimiento y baja mortalidad en cortos períodos de tiempo.

En una primera instancia, los resultados obtenidos estaban destinados al repoblamiento de ambientes naturales impactados por actividad antrópica, con especies de interés deportivo y comercial, con la finalidad de la recuperación del medio ambiente y contribuir hacia un adecuado manejo y aprovechamiento de los recursos pesqueros y preservar la biodiversidad.

El proyecto considero además, durante su desarrollo, la implementación de nuevas propuestas, cuya finalidad principal estuvo orientada a la generación de actividades económicas productivas mediante otras actividades económicas de fuerte impacto para el desarrollo del territorio provincial y regional, a partir de emprendimientos de producción pesquera y deportivo-recreativas.

El productor minero se beneficiará directamente del “Know-how” generado por el proyecto, lo que permitirá la instauración de actividades productivas alternativas, que contribuyan a la sustentabilidad de la minería provincial.

### **Desarrollo del Proyecto**

Las tareas desarrolladas que se detallan en el presente informe forman parte de las distintas actividades llevadas a cabo por los organismos nacionales y provinciales participantes del proyecto, las cuales forman parte de diversas instancias para la ejecución del mismo. Al respecto, considerando las diferentes etapas que conformaran este informe, debemos distinguir aquellas tareas que se realizaron en la provincia de Misiones, mediante la participación de la Dirección General de Geología y Minería (DIGEOMIN) como unidad ejecutora y el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables (M.E.R.N.R – Parque Ecológico “El puma”) en cuyo lugar, se ha procedido a realizar la selección de la cantera para la cría y engorde de juveniles, a partir de la implementación de las medidas de adecuación y la programación de las actividades mediatas para la ejecución del proyecto.

Por otra parte, se detallan aquellas tareas llevadas a cabo en el Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica a la Producción (CICyTTP - CONICET) de la provincia de Entre Ríos, en cuyo lugar se realizaron las actividades de cría intensiva larvas, las que fueron llevadas a cabo en las salas de acuarios mediante la aclimatación y adaptación de los ejemplares capturados en los ambientes naturales del valle aluvial. Las experiencias se realizaron a partir de la puesta a punto del equipamiento del laboratorio que permitiera simular las condiciones del ambiente natural y permitir una mayor supervivencia de los peces hasta el traslado a la cantera en la localidad de La Candelaria, Misiones.

### **Provincia de Misiones**

En la provincia de Misiones, específicamente en la DIGEOMIN fueron realizadas distintas reuniones tendientes a optimizar las actividades futuras relacionadas con el proyecto, presididas por el Lic. José Portaneri (Director de Minería) y el Lic. Juan M. Iwaszkiw (ILPLA) responsable técnico del proyecto. A partir de las mismas, se resolvió convocar al Dr. Miguel Rinas (Director del Parque Ecológico “El puma”) para la realización de la caracterización de una cantera de canto rodado existente en dicho predio, situado en la localidad de Candelaria, que pudiera reunir las condiciones adecuadas para el desarrollo del proyecto.

Una vez identificada la cantera, se establecieron las condiciones que debería reunir el recinto como superficie y profundidad, y se instruyó al personal de la DIGEOMIN sobre las normas y requerimientos a seguir para la toma de las muestras de agua para análisis.

En una etapa posterior se comenzaron las tareas para levantar planialtimétricamente el relieve de la cantera. Las labores de campo insumieron varias jornadas durante las cuales se levantaron aproximadamente 800 puntos, con los cuales se elaboró un plano de curvas de nivel a escala 1:400. El trabajo fue ejecutado y realizado por el Dr. Miguel Stefañuk.

Sobre dicho plano se seleccionaron las distintas alternativas para el embalsado de la pequeña laguna, que según lo programado debe estar en condiciones (recinto y llenado de agua) para la futura instalación de las jaulas flotantes para la cría de los peces trasladados desde Diamante (E. Ríos). Para esta tarea se tuvieron en cuenta el relieve del terreno, el movimiento de suelo a realizar y el volumen de agua a llenar para el diseño del cuerpo receptor de agua donde se realizará la instalación de las jaulas de engorde; resolver el llenado de agua (origen, caudal y tiempo de llenado); calcular el aporte hidrogeológico y elaborar un cronograma de actividades hasta la fecha de traslado de los peces y las etapas posteriores de alimentación.

### **Tareas desarrolladas**

Las tareas fueron programadas en las siguientes etapas.

- 1ra. Etapa: área a embalsar: SE de la cantera a cota 89 (Figura 1)  
superficie a diseñar: 30m x 40m, aproximadamente 1200 m<sup>2</sup>  
volumen (1200 m<sup>2</sup> x 4,00m de profundidad): 4800 m<sup>3</sup>



Figura 1: Vista del sector sudeste hacia el norte. El primer plano (abajo a la izquierda) correspondería al cierre temporal del recinto (cota 89).

2da. Etapa: embalse del sector E a cota 89 (Figura 2)  
superficie de 60m x 50m, igual a 3000 m<sup>3</sup>  
volumen (3000 m<sup>3</sup> x 4,00 de profundidad): 12000 m<sup>3</sup>

3ra. Etapa: canal del área 550 a cota 86



Figura 2: Toma sur hacia el centro. Muestra el sector definitivo en el sector sur (cota 90).

Las distintas tareas llevadas a cabo estuvieron particularmente relacionadas con las obras de construcción y adecuación de la cantera (Figura 3), considerando las etapas propuestas en las etapas 1 a 3.



Figura 3: Vista de la cantera durante la etapa de construcción y movimiento de tierras.

Otra etapa que debió considerarse es el llenado de agua del recinto, el cual requirió en este caso la toma de agua de un arroyo natural cercano a la cantera (Figura 4).



Figura 4: llenado de agua del recinto.

El llenado del recinto destinado para la cría de los peces se realizó hasta obtener una profundidad acorde para lograr la menor mortalidad de los ejemplares, que por las condiciones ambientales de la región se consideró en mantener en los 3,50 mts aproximadamente.

### **Provincia de Entre Ríos**

Las tareas llevadas a cabo en el Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia Tecnológica a la Producción (CICyTTP - CONICET) de la Provincia de Entre Ríos, lugar donde se realizó la cría intensiva de larvas, considero la adecuación de las instalaciones edilicias como sala de acuarios, acuarios para cría, puesta a punto del equipamiento de laboratorio y equipos de muestro de campo, entre otros. Asimismo, se describen las distintas instancias para la captura de las larvas de las especies seleccionadas considerando el muestreo, traslado a los ejemplares a los laboratorios, aclimatación de los peces y aspectos de su alimentación y cría. Para el caso, es sumamente importante mencionar el origen de las larvas de una de las especies, ya que fueron capturadas del valle aluvial del río Paraná mediante la metodología apropiada y luego trasladadas al laboratorio para su aclimatación y cría.

Las tareas descriptas son aquellas llevadas a cabo desde la alimentación intensiva de las larvas y juveniles de las distintas especies, hasta el momento del traslado hacia la provincia de Misiones y siembra en la cantera en Candelaria.

### Especie seleccionada

La especie primaria seleccionada para el desarrollo del proyecto ha sido el Surubí pintado "*Pseudoplatystoma coruscans*", ubicado en la clasificación sistemática dentro del Orden Siluriformes y la Familia Sorubiminae. Es una especie autóctona de amplia distribución geográfica en los ríos Paraná, Uruguay, Paraguay y el Río de la Plata. Es la segunda especie en tamaño del río Paraná y posee hábitos migratorios realizando grandes desplazamientos, aguas arriba con fines reproductivos (migración reproductiva) y aguas abajo, especialmente ligada a la alimentación (migración trófica).

Esta especie resulta de gran importancia por su interés comercial y deportivo, caracterizada por un valor elevado de su carne, por lo cual es capturada habitualmente por los pescadores comerciales artesanales a lo largo de la cuenca, y por otra parte, es también requerida por pescadores deportivos, ya que presenta un gran interés por su tamaño y características de

combatividad, realizándose concursos provinciales, nacionales e internacionales para su pesca.

Sin lugar a duda, esta especie se encuentra sometida a una explotación constante por los distintos actores de la pesca comercial y deportiva, además de otras causas que representan un serio compromiso de la permanencia del surubí en la cuenca. Entre ellos, y de suma importancia, son aquellos relacionados con la contaminación de los ríos y la construcción de grandes represas hidroeléctricas, como el caso de la represa de Yacyretá (Corrientes), la cual constituye una barrera a sus desplazamientos migratorios, restringiendo el paso aguas arriba de la represa y modificando y condicionando la reproducción y los hábitats de desove y cría de las larvas.

En virtud de todo ello, hemos optado por el surubí (*P. coruscans*) considerando que la experiencia de cría y engorde de esta especie resulta de gran relevancia para su permanencia en el sistema, dado también que las características biológicas de la misma posibilitarían la viabilidad del proyecto.

#### Tareas ejecutadas

Durante la primera etapa del proyecto, se ha realizado el acondicionamiento de las salas de acuarios y la reparación de los acuarios su desinfección, para la cría de los peces. Se procedió a la puesta a punto del instrumental para el control de las experiencias y la diagramación de las distintas etapas de la alimentación en los diferentes tipos de acuarios y estanques a utilizar en esta etapa del proyecto, hasta el traslado de los juveniles a la cantera en Candelaria, provincia de Misiones.

El método para la detección de las larvas, realizada en el valle aluvial del río Paraná (Diamante) se realizó en horario nocturno cada dos o tres días, hasta detectar su presencia, a partir del cual la intensidad de los muestreos se realizó en forma diaria. Para la captura fue utilizada una red de ictioplanton de 300 micras como se observa en la Figura 5.



Figura 5: Muestreo de larvas de peces mediante la red de Ictioplanton.

La longitud total de las larvas de surubi (*P. coruscans*) en el momento de las capturas fue de 7 a 11 milímetros.



El traslado de las larvas de peces desde el lugar de muestreo hasta los laboratorios de cría se realizo en vehículo mediante bidones adecuados para el transporte de larvas (Figura 6).



Figura 6: Equipamiento utilizado para el transporte de larvas hasta las instalaciones de cría.

#### Experiencias de cría

Durante los muestreos fueron registrados simultaneamente con la captura de larvas diversos parámetros ambientales como la altura hidrométrica, temperatura del agua y el pH, para el acondicionamiento del agua de cría en las salas de acuarios (tabla 1).

Fecha	Altura Hidrométrica	Temperatura del agua en el río. °C	PH Acuarios
16-12-2002	4.46	24	7.2
17	4.50	25	7.1
18	4.54	25	7.1
19	4.57	25	7.1
20	4.68	25	6.9
21	4.72	26	6.9
22	4.75	25	7.1
23	4.81	24	7.0
24	4.85	24	7.0
25	4.85	25	6.7
26	4.85	25	7.1
27	4.84	25	7.2
28	4.83	25	7.0
29	4.85	25	7.1
30	4.85	26	7.3
31	4.85	26	7.2
01-01-2003	4.88	26	7.0
2	4.88	26	7.0
3	4.87	26	6.9
4	4.87	26	6.9
5	4.87	26	7.0
6	4.86	26	7.0
7	4.83	26	6.9
8	4.81	26	6.8

La aclimatación de las larvas capturadas, cuyo tamaño fue de 7 a 11 milímetros se llevo a cabo en acuarios con capacidad de 30 litros. Para la cría se utilizaron acuarios con capacidad de 150 a 180 litros (Figura 7). Cabe mencionar que las experiencias fueron realizadas con agua de río, cuya renovación en los acuarios se realizo cada dos días.



Figura 7: Vista general de una estructura con los acuarios de cría intensiva.

Las experiencias de alimentación se realizaron con artemia (*artemia salina*) durante la primera etapa hasta alcanzar un tamaño determinado de los ejemplares, donde el alimento suministrado fue reemplazado por larvas de peces vivos de otras especies. El tamaño de los juveniles de surubí alcanzado durante 24 días de cría mediante alimentación intensiva se ubico entre 30 a 40 milímetros, como se observa en la Figura 8.

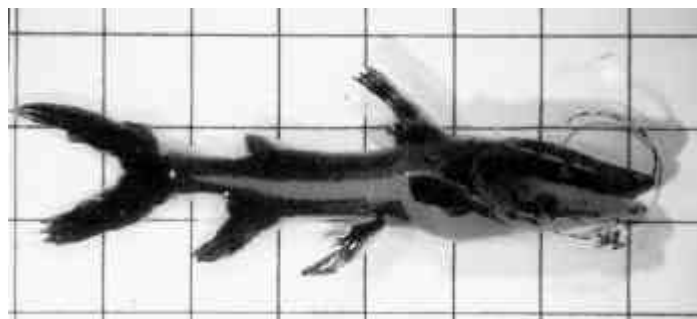


Figura 8: juvenil de surubí (*P. coruscans*) de 24 días.

### Nuevas especies seleccionadas

Debemos mencionar que durante la ejecución del proyecto, surgió la posibilidad de implementar las actividades de cría hacia dos nuevas especies de peces, no consideradas en la propuesta original del proyecto, pero que en virtud de la presencia de las mismas y las consideraciones de una futura etapa del proyecto, hicieron que se programara un intento de la cría a partir de los recursos existentes. Estas dos especies de peces autóctonas de la región y de amplia distribución en la cuenca resultan ser de gran interés deportivo y comercial, y con grandes posibilidades de desarrollo productivo, sobre todo en aquellas especies aplicadas a la producción en aquellos ambientes recuperados de la actividad minera pasiva.

Estas especies son el Sábalo (*Prochilodus lineatus*) de gran importancia en las pesquerías comerciales del Río Paraná y de amplia distribución a lo largo de la Cuenca del Plata, resultando ser la especie de mayor biomasa en el ecosistema. La otra especie seleccionada es el pacu (*Piaractus mesopotamicus*) de sumo interés deportivo y comercial de la región y muy codiciada por la calidad de su carne. Ambas especies presentan gran rusticidad para la práctica de piscicultura y resistencia a los cambios en las condiciones climáticas de las provincias del noreste del país.

La captura de juveniles de sábalo (*P. lineatus*) (Figura 10) se realizó mediante una red de arrastre costera que permitió la extracción de juveniles para la cría y engorde en jaulas en la cantera seleccionada. La maniobra de tendido de la red para la captura es descrita en la Figura 9.



Figura 9: maniobra de tendido de la red de arrastre costera para captura de juveniles de sábalo (*P. lineatus*.)



Figura 10: juveniles de sábalo (*P. lineatus*) de 70 mm capturados en el valle aluvial del Río Paraná, mediante la red de arrastre costera.

### Traslado y siembra de las distintas especies en jaulas

El traslado de las larvas de surubí (*P. coruscans*) y juveniles de sábalo (*P. lineatus*) desde el Centro de Diamante (Entre Ríos) hasta la cantera sita en la localidad de Candelaria (Misiones) se llevó a cabo en una camioneta de la Dirección de Minería (DIGEOMIN). La misma se realizó en bidones aptos para el transporte de peces y mediante las medidas adecuadas para el traslado de los mismos.

La siembra de los peces se realizó en jaulas flotantes de 2 mts de lado y 2,50 mts de profundidad, construidas mediante caños de PVC y red mediasombra comunmente utilizadas en la actividad de piscicultura (Figura 11).



Figura 11: jaulas flotantes para la cría y engorde de peces en la cantera de Candelaria.

Las jaulas flotantes fueron colocadas en una cantera de 30 x 40 mts de dimensión y 3,50 mts de profundidad (Figura 12).



Figura 12: vista de las jaulas flotantes en la cantera de Candelaria (Misiones).

Las tareas del traslado y siembra de los ejemplares de las distintas especies fue finalizada el 24 de marzo, resultando la misma condicionada a la adecuación final de la cantera y tomando en cuenta principalmente la sedimentación de solidos proveniente del llenado de agua y remoción de los fondos de la misma.

Con relación a la siembra de pacu (Figura 13), esta fue realizada gracias a una donación de peces de una piscicultura ubicada en Formosa.



Figura 13: pacus (*P. mesopotamicus*) sembrados en la cantera de Candelaria

Para el traslado y siembra de los peces de las distintas especies se siguió la modalidad implementada para el pacu como se observa en las figuras 14 y 15.



Figura 14: Traslado de los juveniles de pacu hacia las jaulas flotantes.



Figura 15: maniobra de suelta de juveniles de pacu.

La longitud total de las larvas de surubí (*P. coruscans*) en el momento de la siembra en la cantera fue entre de 20 y 100 mm (figura 16).



Figura 16: larvas y juveniles de surubí (*P. coruscans*) trasladados para la siembra.

#### Engorde de los peces en jaulas flotantes

Las experiencias de engorde de los peces programadas en el proyecto fueron aquellas llevadas a cabo en jaulas flotantes. Sin embargo, se diagramaron futuras actividades en base a experiencias en el medio natural considerando aspectos de la alimentación de los peces, con el seguimiento de ciertas variables ambientales en base a la experiencia en las jaulas, pero con la finalidad de proseguir el proyecto en un tiempo no tan prolongado, de aproximadamente 3 meses, desde la finalización de esta etapa del mismo.

Las experiencias de engorde en jaulas se realizaron tomando en cuenta la medición de ciertos parámetros ambientales (Tabla 2), los cuales permitieron confirmar que las condiciones fisico-químicas que presentaba la cantera respondían a una estabilidad y viabilidad esperada para el desarrollo de las experiencias, las cuales permitirían un óptimo crecimiento de los peces dentro del rango esperado para la época del año.

La temperatura se mantuvo tal cual lo esperado, respondiendo las distintas especies con una elevada supervivencia.

Los valores de pH se mantuvieron cercanos al neutro. El registro de 7.8 en la primera medición podrían atribuirse a la estabilización de la cantera, considerando el poco tiempo transcurrido desde su llenado, manteniéndose luego dentro de los valores normales esperados.

Los datos de oxígeno disuelto, tanto expresados en mg/l como en porcentaje de saturación mostraron en general concentraciones importantes, resultando ser un valor adecuado para la vida de los peces.

Fecha	7/3/03	25/3/03	4/4/03	12/4/03	26/4/03	08/05/03
Temp. (°C)	31.5	28.5	27.5	24.2	25.4	20.7
pH (UpH)	7.8	7.05	6.7	6.9	7.04	7.34
OD (mg.l <sup>-1</sup> )	8.0	8.0	7.35	6.6	7.04	7.86
OD (% Sat.)	104	103	92.4	76	84.9	80.0

Tabla 2: parámetros ambientales tomados en la cantera durante la experiencia en jaulas.

Con relación a la alimentación en jaulas de los peces de las distintas especies, estos fueron alimentados mediante alimento artificial del tipo Ganave para peces, en este caso para Pacú. El mismo fué suministrado durante los primeros 30 días una vez por día en horas de la tarde (17 hs). La cantidad fue de 1 kilogramo por día.

Una vez cumplimentado el mes de experiencia se decidió el cambio del tipo de alimento para el mes siguiente, reemplazandose por alimento artificial flotante del tipo utilizado para Tilapia. A partir de este momento se comenzó a disminuir el alimento suministrado ya que las bajas temperaturas reinantes para la región en esta última etapa, producen en los peces una menor demanda alimenticia. También se realizaron cambios en la hora de la alimentación, la cual se realizó hacia el mediodía (12 hs).

Durante las tareas de engorde de las distintas especies deben mencionarse el óptimo crecimiento manifestado en los ejemplares de pacú, los cuales fueron alimentados en las jaulas con una baja densidad de ejemplares, según se observa en las Figuras 17 y 18.



Figura 17: relevamiento de pacus en las jaulas flotantes



Figura 18: Relevamiento de pacus en las jaulas flotantes

En la Figura 19 se puede observar el tamaño de los pacus, de aproximadamente 180 mm, a los 60 días, tomando en cuenta que el tamaño en el momento de la siembra fue de 50 mm, lo cual permite pensar en programar actividades productivas futuras para la especie, en el marco de las propuestas planteadas en el proyecto.



Figura 19: ejemplar de pacu de 180 mm de 60 días de engorde.

Con relación al sábalo, cabe destacar su excelente adaptación a la cría en jaulas, considerando la primera experiencia al respecto, manifestada en su rápido crecimiento en un corto período de tiempo desde su siembra en las jaulas con un tamaño de 50 mm hasta 170 mm obtenidos luego de 60 días de las experiencias de engorde (Figura 20).



Figura 20: ejemplar de sábalo a los 60 días de engorde.

Sobre el surubí resulta sumamente importante la inédita experiencia de cría intensiva de larvas y la novedosa obtención de las larvas, a través de la captura en el valle aluvial del río Parana, destacando que la cría de las mismas en los laboratorios fue de un notable éxito, con una muy baja mortalidad (15 %). Es así que, con la finalidad de aprovechar esta experiencia se decidió la suelta de los surubies en el ámbito de la cantera para monitorear el crecimiento de los peces durante los meses siguientes a la finalización del proyecto y para verificar los cambios en el crecimiento que se manifiesten durante la alimentación en el



medio en función de las variables ambientales reinantes durante el otoño e invierno en la región.

Dicho seguimiento del desarrollo de los peces se realizará en forma regular y periódica mediante métodos de pesca selectivos (Figura 21) que permitan capturar los ejemplares para la toma de datos de crecimiento y realizar una nueva suelta de los peces en el ámbito de la cantera hasta el momento a determinar la captura y posterior suelta en el río Paraná.



Figura 21: método de pesca con red de arrastre para el seguimiento del crecimiento de surubi.

## RESULTADOS

El presente proyecto de piscicultura en canteras mineras dejó a lo largo de su implementación y ejecución resultados por demás óptimos, los cuales pasamos a detallar:

1) Excelente resistencia de las larvas surubí (*P. coruscans*) especie primaria elegida para el proyecto, a la captura del valle aluvial del Río Paraná y una perfecta adaptabilidad y baja mortalidad de las larvas en las experiencias de alimentación intensiva en los laboratorios de cría.

2) Baja mortalidad y óptimo crecimiento de las especies experimentadas, surubí (*P. coruscans*), pacú (*P. mesopotamicus*) y sábalo (*P. lineatus*) en el ámbito de las canteras mineras.

3) Obtención de un rápido crecimiento de la especie pacú a partir del engorde en jaulas en la cantera, con una gran adaptación considerando la procedencia de los juveniles desde una piscicultura en la provincia de Formosa.

4) Importante experiencia de alimentación de juveniles de sábalo en jaulas, capturados en el valle aluvial del río Paraná, resultando una novedosa alternativa para la cría de la especie.

5) Con relación al pacú y sábalo, ambas especies presentaron gran adaptación y óptimo crecimiento para la práctica de piscicultura, lo cual permite programar actividades productivas alternativas en el sector de la minería ambiental pasiva, en especies de interés deportivo y comercial de interés regional.

6) Con respecto al surubí, ante la exitosa experiencia de cría intensiva en los laboratorios, nos permitió plantear nuevas experiencias de engorde de los juveniles en la

cantera, considerando su aplicación a programas de repoblamiento de ambientes naturales impactados planteados en el proyecto.

7) Los resultados por demás significativos, han sido el desarrollo de una actividad como la piscicultura de especies autóctonas y la aplicación de medidas de recuperación en ambientes provenientes de la minería ambiental pasiva, con vistas a la implementación de actividades productivas y de recomposición ambiental.

8) Deseos de prosecución del proyecto, dado el éxito temático de la piscicultura en la minería a nivel provincial y su proyección sobre la base de propuestas a nivel regional.

Lic. José Portaneri  
Director de Minería  
DIGEOMIN

Lic. Juan M. Iwaszkiw  
Instituto de Limnología  
ILPLA